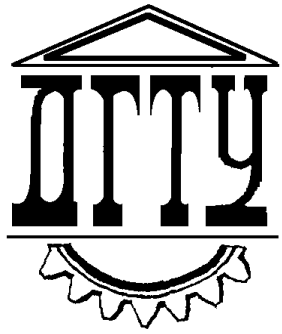
ISSN 1992-5980

ВЕСТНИК

ДОНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



Том 7 **№1(32)**

2007

ВЕСТНИК
ДОНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2007

Т.7 №1(32)

Научно-теоретический и прикладной журнал

Издается с 1999г.

Выходит один раз в квартал

МАРТ 2007г.

Учредитель – **Донской государственный технический университет**

Главный редактор А.А.Рыжкин

Зам. главного редактора В.Л.Заковоротный

Ответственный секретарь А.С.Кужаров

Редакционная коллегия: И.А.Долгов, В.П.Жаров, В.С.Кунаков, Н.И.Курганская В.А.Кохановский, Н.С.Колев, В.Ф.Лукьянов, И.Я.Никифоров, С.Я.Подопригора, В.Н.Пустовойт, Ю.Н.Резников, Б.В. Соболь, М.А.Тамаркин, А.К.Тугенгольд, А.Н.Чукарин

Над номером работали: Г.А.Бешун, И.В.Кикичева

Подписано в печать 28.02.2007.
Формат 30x42/8. Гарнитура «Tahoma». Печать офсетная.
Усл.печ.л. 18,2. Тираж 1000 экз. Заказ 50. Цена 127 р.

Адрес редакции:
344010, г.Ростов-на-Дону, пл.Гагарина, 1,
тел. 2-738-743

Адрес издательского центра:
344010, г.Ростов-на-Дону, пл.Гагарина, 1,
тел. 2-738-741, 2-738-322

http://www.dstu.edu.ru/vestnik/index.html

Регистрационное свидетельство № ПИ № ФС 10-6367

© Издательский центр ДГТУ, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ

Резников Ю.Н., Вовченко А.В. Расчет и оптимизация процессов объемной штамповки..... 3

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Люлько А.В., Жмайлов Б.Б. Реализация принципов проектирования и анализа свойств поликомпонентных композиционных материалов..... 25

Вернигоров Ю.М., Егоров И.Н., Егорова С.И. Моделирование аналитической зависимости распределения частиц по размерам при измельчении порошков магнитных материалов в мельнице ударного типа..... 31

Степанов М.С. Структура и фазовый состав поверхностного слоя легированных порошковых сталей при низкотемпературном диффузионном насыщении азотом и углеродом..... 39

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Людмирский Ю.Г., Солтовец М.В., Грицына А.Н. Принципы организационно-технологического проектирования роботизированных сварочных комплексов..... 47

Ананченко В.Н., Ананченко А.И., Цыбрий И.К., Головкин В.В. Моделирование динамики формообразования криволинейного профиля при шлифовании..... 54

Котлышев Р.Р. Оптимизация себестоимости сварных нахлесточных соединений, нагруженных продольной силой..... 70

ТРЕНИЕ И ИЗНОС

Костыгов В.Т. Критерий противоизносных свойств смазочных материалов..... 78

Колев Н.С. Использование гидродинамических теорий для определения давления на контактной поверхности инструмента..... 87

ЭКОЛОГИЯ

Беспалов В.И., Максюкова Ю.Ю. Инженерная методика комплексной оценки состояния застроенных территорий..... 93

ЭКОНОМИКА

Бармута К.А. Влияние инвестиций в инновационную сферу на прибыль машиностроительных предприятий Ростовской области..... 101

Згонник Л.В. Политэкономические аспекты управления системой воспроизводства человеческого капитала корпораций..... 110

Хатющенко Г.В. Поливалютная корзина как новый ориентир курсовой политики Банка России..... 119

ФИЛОСОФИЯ

Масалова С.И. Интеллект и эмпатийность будущих физиков и экономистов..... 127

Садовая Е.Н. К вопросу о глобальном гражданском обществе..... 135

РЕКЛАМА

Шабай Е.С. Культурно-прагматический аспект языка рекламной информации..... 139

ОБЗОРЫ

УДК 621.735.001.2

Ю.Н. РЕЗНИКОВ, А.В. ВОВЧЕНКО

РАСЧЁТ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБЪЁМНОЙ ШТАМПОВКИ

Представлен обзор методов расчёта и оптимизации процессов объёмной штамповки. Рассмотрены схемы прямого и обратного математического моделирования формоизменения металла при штамповке, методы реализации расчётов. На конкретных примерах показаны принципы и методы расчёта оптимальных заготовок для поковок, изготавливаемых объёмной штамповкой.

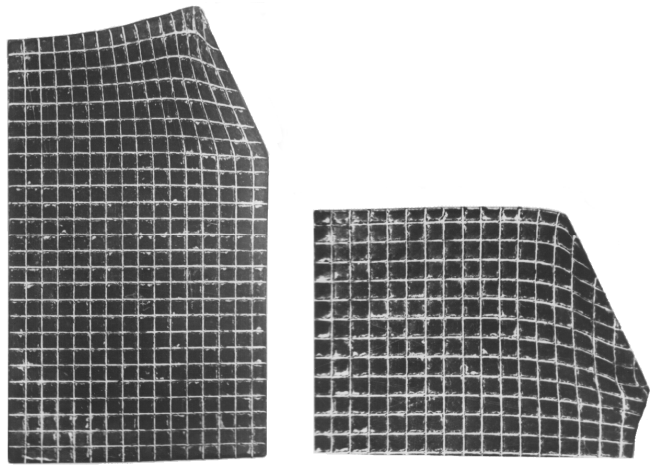
Ключевые слова: *прямое и обратное моделирование, оптимизация процессов объёмной штамповки, МГЭ (BEM), МКЭ (FEM).*

Введение. Совершенствование технологических процессов объёмной штамповки в течение длительного периода времени базировалось главным образом на применении статистических алгоритмов [1-3]. К этому же периоду времени относится развитие вариационных методов в теории обработки металлов давлением (ОМД), положивших начало широкому применению расчётов, основанных на анализе течения металла при штамповке [4]. Оба направления сыграли и играют важнейшую роль в развитии теории и практики объёмной штамповки (ОШ) и технологии кузнечно-штамповочного производства (КШП) в целом. Однако, поскольку в настоящем обзоре рассматриваются работы, основанные на анализе течения металла в процессах ОШ, отметим, что интенсивное развитие этого направления началось сравнительно недавно, с применением в расчётах численных методов, в первую очередь метода конечных элементов (МКЭ) [5] и реализации расчётов на ЭВМ.

В изложенном ниже обзоре рассмотрены некоторые принципиальные вопросы современного состояния и развития расчётов и оптимизации в технологии ОШ, входящие в круг научных интересов авторов.

Прямые и обратные задачи расчёта формоизменения металла в процессах объёмной штамповки. Одной из главных задач расчётов формоизменения металла в процессах объёмной штамповки является согласование формы и размеров заготовок и полуфабрикатов, характера течения металла в исследуемом процессе с формой и размерами чистового ручья.

Даже в случае штамповки поковок простой формы следует рассматривать возможные разновидности течения металла, зависящие прежде всего от геометрической формы ручьёв и контактных условий (рис.1).



а) *б)*

Рис.1. Экспериментально наблюдаемые картины течения металла при заполнении полости однощелевого штампа (по данным работы [6]): а – течение выпучиванием вверх; б – течение выпучиванием вбок

Моделированию задач получения одних и тех же изделий из заготовок различной формы уделяется внимание и в зарубежных работах последнего времени. Так, например, в работе [7] рассматривается процесс осадки заготовок с различной формой боковой поверхности. Цель исследований состояла в том, чтобы получить поковку, форма образующей боковой поверхности которой наиболее близка к вертикали (рис.2).

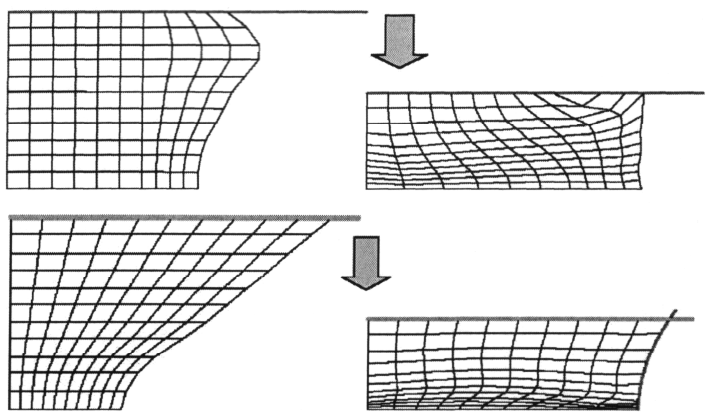


Рис.2. Схема осадки заготовок с различной формой боковой поверхности

После того как установлен характер течения металла, необходимо согласовать размеры заготовок, заготовительных переходов и готовой поковки, поскольку, по крайней мере, с позиций расхода металла и энергозатрат, конечные результаты процесса могут оцениваться либо как вполне приемлемые (рис.3,*б*), либо как неудовлетворительные (рис.3, *а* и *в*).

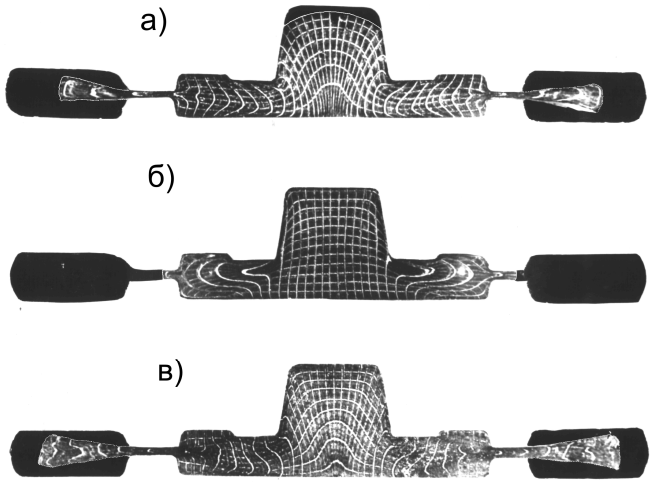


Рис.3. Различное заполнение полости штампа в зависимости от согласования размеров заготовки, течения металла и размеров поковки: *а* - раннее вытекание металла в облой при незаполнении полости чистового ручья; *б* - удовлетворительное согласование – металл заполняет лишь необходимый участок облойной канавки; *в* - наличие в заготовке избытка металла, вытекающего в облой

Достичь приемлемых по требуемым параметрам результатов вполне возможно, выполняя прямое моделирование формоизменения – от исходной заготовки к поковке. Такая практика в КШП широко распространена и в настоящее время. Например, в работе [8] для получения бездефектной поковки типа «шестерня» применено прямое моделирование, состоящее в расчёте формоизменения различных исходных заготовок (в готовую поковку), из которых выбрана та, которая обеспечила требуемое заполнение чистового ручья.

Подобный метод определения рациональной формы заготовок описан довольно давно в учебнике [9]. Экспериментально подбирались форма и размеры заготовок, заполняющих полость чистового ручья в виде шара при условии, что полюсный и диаметральный потоки металла достигают ручья одновременно. Позднее, во втором издании учебника [9], было установлено, что для получения поковки типа «шестерня» с минимальным облоем необходимо применять заготовку с вогнутостью в средней её части. Приведенные примеры свидетельствуют о принципиальной возможности определения рациональных формы и размеров заготовок прямым моделированием: физическим или математическим. Явным недостатком такого подхода является необходимость итерационных действий, часто достаточно трудоёмких, и поэтому в различных отраслях науки и техники, в том числе и в ОМД, нашёл применение метод, базирующийся на решении обратных задач. В настоящее время известна принципиальная, по нашему мнению, характеристика этих задач, состоящая в том, что «…как задачи связанные с обращением причинно-следственной связи, обратные задачи отражают общую проблему фундаментальных научных исследований: по некоторым характеристикам наблюдаемых явлений установить их причины …» [10, с.12-13].

Применительно к процессам объёмной штамповки методика расчётов, основанных на решении обратных задач формоизменения, впервые предложена и разработана в работах [11] и [12].

Сущность подхода следует из рис.4, где рассмотрены кинематически возможные поля скоростей (КВПС) для последней стадии штамповки, на которой оформляется готовая поковка. Эта стадия принята в качестве первой расчётной, а движение штампа – совершаемое в направлении, обратном протеканию естественного процесса штамповки. Основная идея расчёта, предложенного в работе [12], состояла в том, что он был основан на обращении движения деформирования. Применение такой терминологии в давней уже работе [12] вполне согласуется с процитированным выше определением обратных задач в сравнительно недавней фундаментальной монографии известных учёных [10].

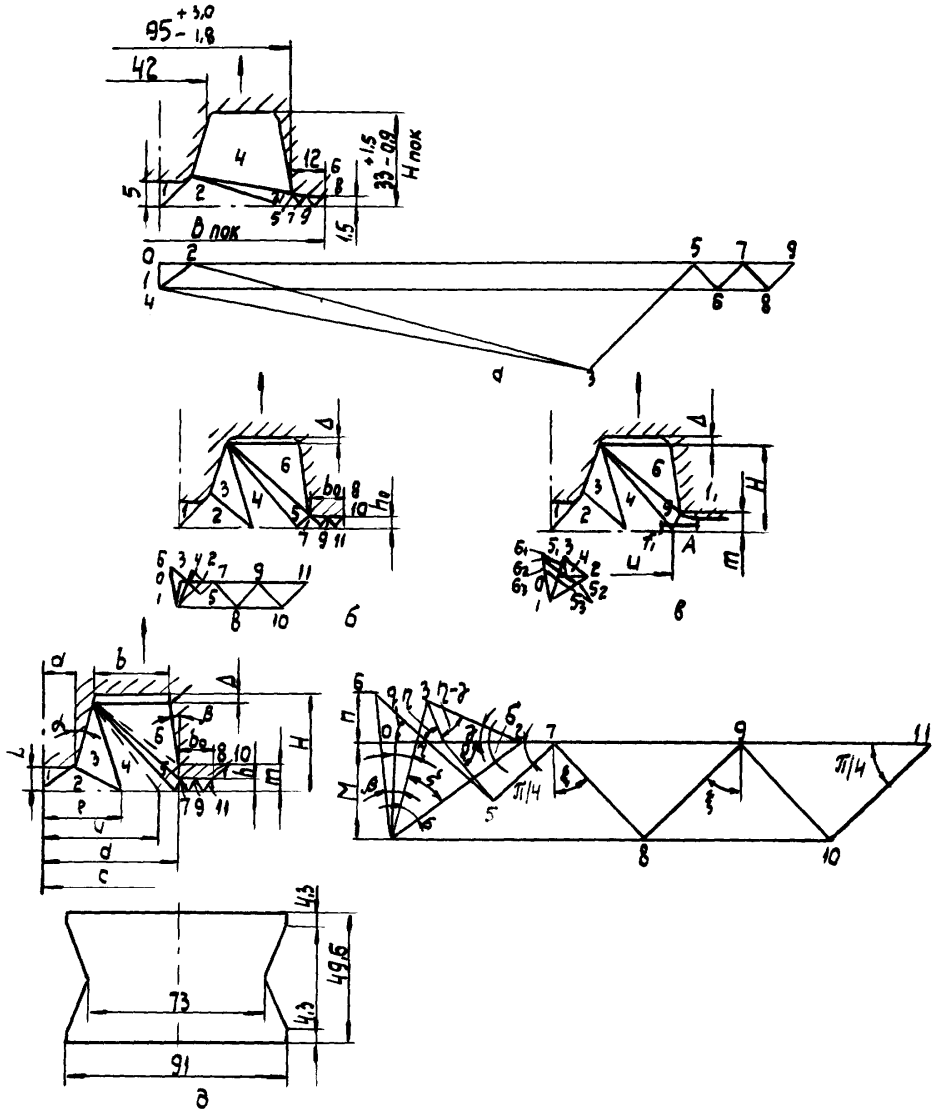


Рис.4. КВПС, применённые для расчёта заготовки, начиная от готовой поковки в направлении, обратном протеканию процесса штамповки: *а* – на последней стадии штамповки при заполнении металлом полости штампа; *б* – на последней стадии штамповки при сохранении зазора между металлом и штампом до конца процесса; *в* – на стадии штамповки с отсутствием облоя; *г* – для конечной стадии штамповки поковки с упрощённой конфигурацией; *д* – рассчитанная заготовка

Для расчёта формы и размеров заготовки было принято, что скорости перемещения металла в отдельных зонах поковки равны по величине, но противоположны по направлению по отношению к скоростям этих же зон в процессе штамповки, а в целом процесс рассматривается в направлении, обратном его естественному протеканию. По размерам готовой поковки и скоростям течения металла на последней стадии штамповки рассчитываются размеры заготовки на предпоследней – 2-й расчётной – стадии процесса и далее аналогичным образом на всех последующих, пока, в конечном счёте, не будет получена заготовка, соответствующая заданной поковке и принятым при расчёте условиям. Влияние этих условий на качество поковки видно из КВПС на рис 4 (*а,б,в*).

Хорошо известно, что увеличение скорости вытекания металла из штампа приводит к ухудшению структуры и качества поковок, вплоть до расслоения их в плоскости облойного мостика [13].

В первых работах по определению параметров процессов ОМД на основе решения обратных задач формоизменения достигалась определённая технологическая цель, состоящая в определении формы и размеров рациональных заготовок, позволяющих получать готовые изделия с небольшим отходом или вовсе без него. Таковы упомянутые выше задачи о подборе заготовок для поковки в форме шара [9, с.345] и для изготовления поковки типа «шестерня», когда наличие вогнутости на боковой поверхности заготовки обеспечило, по терминологии автора, «полезный» объём заусенца, располагавшегося только в мостике заусенечной канавки и создающего подпор, требуемый для заполнения полости чистового ручья.

Аналогичная технологическая цель – экономия металла – достигается при расчёте заготовки по схеме, показаной на рис.4, а также при профилировании поверхности слитка на основе решения обратной задачи процесса прокатки [14]. И с такой позиции содержащееся в работе [14] определение обратной задачи ОМД вполне оправданно: «…обратная задача теории пластичности – восстановление начального профиля по заданному конечному …» [14, с.31]. Однако практика численной реализации схемы обратного расчёта в процессах ОШ показала, что «…представление об обращении причинно-следственной связи в постановке обратных задач расширяет их класс …» [11, с.12-13], в частности, на задачи оптимизационные, что предметно рассмотрено ниже.

Совершенствование технологических процессов объёмной штамповки на базе расчёта и анализа течения металла успешно выполняется в настоящее время многими исследователями путём решения как прямых задач формоизменения, из которых упомянем работы [15-17], так и обратных, например [18-20].

Развиваются и численные схемы решения обратных задач. Например, в работах [21, 22] развита и обоснована реверсивная схема решения обратной задачи. Согласно этой схеме, процесс штамповки с самого начала рассматривается в обратном направлении – от состояния готовой поковки. Расчёт в обратном (реверсивном) направлении реализуется непосредственно до состояния заготовки, приемлемой, по мнению технолога, геометрической формы. При этом действия, связанные с процедурой периодического определения и обращения движения деформирования на промежуточных стадиях расчёта не производятся, а необходимое и обязательное решение прямой задачи, в частности для оценки адекватности данных, полученных обратным расчётом, выполняется после получения готовой заготовки.

На примере решения задачи об осадке заготовки показано, что применение реверсивной схемы решения обратной задачи позволяет сократить длительность цикла расчётов на величину от 40 до 60% (в зависимости от величины дискретизации процесса) без потери точности (искомые параметры совпадают до 4-го знака после запятой). Возникает такая возможность за счёт простой программной организации непосредственно схемы реверсирования в обратных расчётах формоизменения. Обоснованность применения такой схемы в решении обратных задач приводится в работе [22].

Подчеркнём, что расчёты формоизменения в процессах ОШ, выполненные по прямой и обратной схемам, не исключают, а дополняют друг друга, что отмечалось ещё в работе [12]. При этом каждая из схем может быть реализована с применением любого из современных методов расчёта процессов ОМД.

Методы расчёта процессов объёмной штамповки. Для расчёта течения металла и анализа на этой основе возможностей совершенствования технологических процессов ОШ применялись и применяются практически все известные в теории пластичности и ОМД расчётные методы. Так, многие практические результаты получены путём применения расчётов, основанных на построении полей линий скольжения [23]; решение ряда инженерных задач стало возможным благодаря развитию приближённого энергетического метода (метода верхней оценки (МВО)) [24,25]; важные результаты в совершенствовании технологии штамповки ответственных ребристых деталей получены в работах [26,27] благодаря использованию теории течения пластического вещества по поверхностям [28]; из многих работ по применению в расчётах процессов ОМД численного метода конечных разностей (МКР) отметим прогнозирование и устранение образования

зажимов при формовке колёсных заготовок [29], обобщённую численную математическую модель расчёта осесимметричной пластической деформации [30] и математическое моделирование процесса получения непрерывно-литой деформированной заготовки на литейно-ковочном модуле [31].

Численный метод конечных элементов (МКЭ) в настоящее время наиболее часто применяется в расчётах процессов ОШ. Из работ по применению МКЭ в расчётах процессов ОМД отметим [32-35], наиболее близкие к основной проблеме, рассматриваемой в обзоре: в этих работах решаются практические технологические задачи на базе прямого моделирования процессов ОШ.

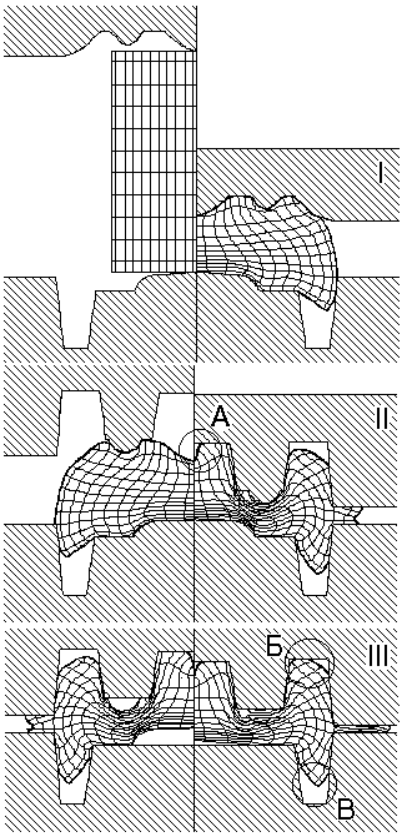


Рис.5. Данные математического моделирования (с помощью МКЭ) формоизменения процесса штамповки в три перехода (I–III)

Переоценить важность работ по применению МКЭ в ОМД невозможно. Тем не менее, поскольку в наших расчётах моделирование процесса ОШ выполнено чаще всего численным методом граничных элементов (МГЭ), отметим следующее. Как всякий численный и любой другой расчетный метод, МКЭ не лишен недостатков. Некоторые погрешности расчётов, выполненных МКЭ по сравнению с МГЭ, рассмотрены в работе [36]. Из наших расчётов [37] следует, что в некоторых случаях данные, полученные МКЭ, не являются адекватными реальным.

Так, на рис. 5 показано, что конечно-элементным расчётом прогнозируются утяжина в средней части поковки (А) и незаполнение периферийных полостей (Б и В). Расчёт, выполненный с помощью метода граничных элементов (МГЭ), а главное – физическое моделирование, не подтверждают такого характера течения металла при заполнении чистового ручья.

Из приведенного на рис. 5 факта ни в коем случае не следует вывод о том, что МКЭ нельзя применять для моделирования процесса штамповки. По нашему мнению, речь должна идти о возможностях того варианта МКЭ, который реализуется имеющейся программой Q-Form. Известно, что «…по способу исполнения и формулировки основных уравнений МКЭ …

различают четыре основных вида МКЭ: прямой, вариационный, резидуума и энергетического баланса …» [38, с.9]. В имеющемся конечно-элементном пакете реализован прямой метод матриц жёсткости, который рекомендован для решения «…относительно простых проблем …» [38, с.9], то есть применительно к процессу ОШ для тех поковок, деформация при изготовлении которых характеризуется более простым путём деформирования, чем для поковки, показанной на рис.5.

В подтверждении сказанного приведём данные работы [39], в которой для улучшения схемы расчётов, соответствующей прямому методу матриц жёсткостей, рекомендуется «…сделать метод вариационным подходом …» (с.169).

Приведенное высказывание свидетельствует о недостатках схемы прямого метода матриц жёсткости в МКЭ. Предложенный автором работы [39] выход из этой ситуации – переход к вариационной схеме МКЭ – к той проблеме, которая рассматривается в указанной работе, видимо, скорее всего, имеет смысл. Применительно же к расчётам процессов ОШ и других процессов ОМД требуется, по нашему мнению, иное решение, что связано с особенностями функционалов этих процессов [40].

Таким образом, погрешности расчётов, выполняемых МКЭ, вполне могут быть связаны с конкретным вариантом реализуемого программно алгоритма.

Это утверждение в полной мере относится к любому численному методу, в том числе и к МГЭ. Подтвердим сказанное. Гранично-элементные расчёты для нелинейных сред, предполагают построение схем, реализующих различные итерационные алгоритмы [41-44]. Рассматривая общий подход с позиций принятого в методе упругих решений, следует иметь в виду работу [45], в которой обосновывается сходимость метода «…без каких-либо предположений о малости параметров, определяющих задачу».

Для практического инженерного использования метода важна не только его принципиальная приемлемость, в частности сходимость, но и качество конкретного рекомендуемого для расчётов алгоритма. Поскольку наиболее известным алгоритмом метода упругих решений является алгоритм, основанный на введении модифицированных объёмных сил и усилий на поверхности деформируемого тела, именно в соответствии с этим алгоритмом и были выполнены первые работы по применению МГЭ к задачам ОМД [46-48]. Расширение области применения МГЭ в технических расчётах показало, что для этого алгоритма «…сходимость и точность решения не вполне удовлетворительны» [41, с.343].

Для улучшения качества решения в дальнейших работах по применению МГЭ был использован алгоритм переменной жёсткости и не метод

потенциала, ныне известный как непрямой метод граничных элементов (НМГЭ), а прямой метод МГЭ, в котором неизвестные, входящие в уравнения и алгоритм – физически ясные величины – напряжения и скорости перемещения.

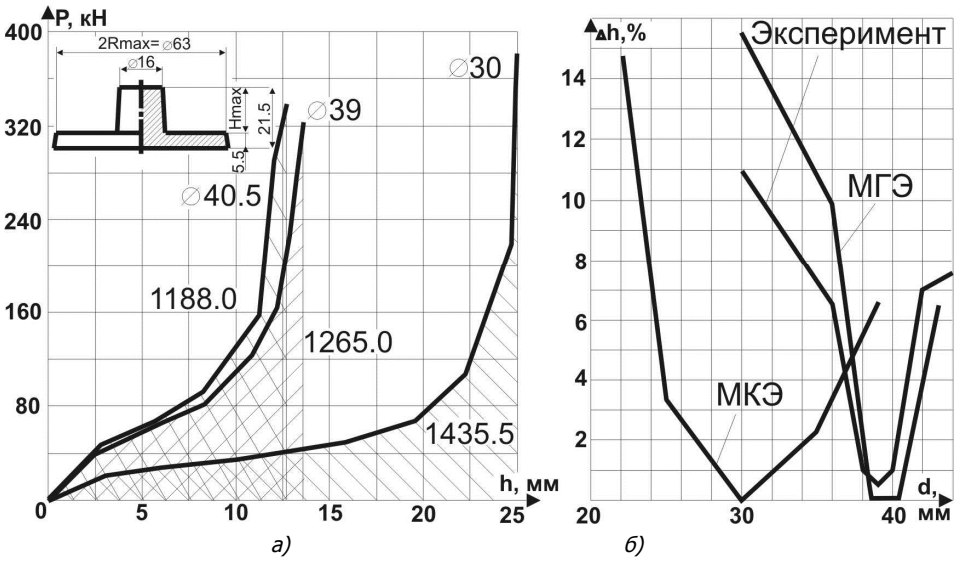
Таким образом, приведенные на рис.5 расчётные данные отражают не возможности МКЭ в моделировании формоизменения в расчётах процессов ОШ, а качество конкретной расчётной программы.

Тем не менее, поскольку фактически между исследователями, использующими разные расчётные численные методы, существует если не противостояние, то соперничество, а в наших исследованиях использован МГЭ, пока не такой популярный, как МКЭ, отметим следующее.

Не умоляя значения МКЭ, обращаем внимание на утверждение о том, что «…возможности применения метода конечных элементов к широкому классу задач преувеличены. Последнее, без сомнения, обусловлено энергичной деятельностью исследователей, занимающихся конечными элементами, а также тем обстоятельством, что повышение интереса к методу конечных элементов совпало по времени с созданием первого поколения мощных ЭВМ» [43, с.7]. Имея в виду расчёты процессов ОМД, отметим обстоятельства, свидетельствующие о целесообразности применения МГЭ. Отрадно, что первое следует из работы исследователей, впервые применивших граничные интегральные уравнения для исследования упругопластических течений [49, с.96]: «…для массивных трёхмерных тел, особенно когда требуется высокая точность решения, *различные видоизменения метода конечных элементов являются далеко не оптимальными.* Задачи, решаемые методами, которые дискретизируют весь объём, приводят к трудно выполнимым требованиям относительно размера ячейки, а также машинного времени». Стремительное развитие мощности ЭВМ, безусловно, вносит коррективы в высказанное положение, прямо относящееся к целесообразности применения МГЭ для расчёта ковки крупных поковок. Существенным также представляется редукция – уменьшение размерности задачи, характерная для МГЭ, особенно в связи со сложностями решения оптимизационных задач, о чём подробнее сказано в следующем разделе. Здесь же отметим, что между МКЭ и МГЭ ни в задачах моделирования процессов ОШ, ни в каких других нет и не может быть противостояния. Эти методы могут и должны дополнять друг друга, поскольку во всех отраслях техники «…не существует самого лучшего метода для решения всех задач» [50, с.154].

Одним из подтверждений сказанного может служить эффективность применения МГЭ для моделирования процессов ОМД, показанная в работах [51-55]. В частности, следуя работе [55], рассмотрим кратко возможность уменьшения длительности стадии доштамповки в процессе штамповки, что неизбежно приводит к снижению металло- и энергозатрат.

Процесс штамповки поковки «стойка» (рис.6, а) по заводским условиям осуществлялся в один технологический переход. Качество процесса штамповки поковки, согласно проведенным исследованиям, при ($V_{пок}$=$V_{заг}$=const) зависит от диаметра исходной цилиндрической заготовки (*d*,мм).



а) *б)*

Рис.6. Зависимости, иллюстрирующие процесс штамповки поковки «стойка»: *а* - экспериментальные силовые характеристики процесса штамповки из заготовок различного диаметра; *б* - влияние диаметра заготовки на параметр Δh, полученное различными методами

Рациональный процесс штамповки поковки «стойка» характеризуется одновременным заполнением полости ступицы и полости фланца поковки совместно с мостовой полостью облойной канавки (например, см. рис.3,*б*). В этом случае в процессе штамповки исключается стадия доштамповки, сопровождающаяся, как известно, однонаправленным течением металла и завышенным технологическим усилием. Применение диаметра заготовки меньше рационального приводит в процессе штамповки к быстрому заполнению полости ступицы и дальнейшему однонаправленному движению металла в полости фланца. Завышенное значение этой величины приводит к первоначальному заполнению полости фланца с мостовой полостью облойной канавки и незаполнению полости ступицы с вытеснением соответствующего объёма металла в магазинную часть облойной канавки (например, см. рис.3,*а*).

Для оценки процесса формоизменения при штамповке данной поковки было предложено выражение, характеризующее одновременно оба варианта заполнения ручья штампа и определяющее значение той части относительного деформирующего хода инструмента Δh, которая сопровождается течением материала в одном направлении:

$$\Delta h = \left| \left(\frac{h}{h_{\max}} \right)_{фланца} - \left(\frac{h}{h_{\max}} \right)_{ступицы} \right|, \qquad (1)$$

где $\left(\frac{h}{h_{\max}} \right)_{фланца}, \left(\frac{h}{h_{\max}} \right)_{ступицы}$ – относительные величины рабочего хода подвижной половины штампа (h, мм) при заполнении фланцевой и ступичной полостей ручья, соответственно.

Таким образом, рациональный диаметр цилиндрической заготовки должен быть определён минимальным значением величины Δh.

Полученные в результате моделирования формоизменения различными численными методами данные имеют отличия. На рис. 6,*б* представлены результаты формоизменения из заготовок разных диаметров в процессе штамповки поковки по данным эксперимента и расчётам, выполненным МКЭ и МГЭ.

Имеющиеся данные (см. рис. 6,*б*) показывают, что диаметр рациональной заготовки, полученной МГЭ, лежит в диапазоне 38,5-40,5 мм, что объясняется результатом обратного расчёта: полученная заготовка имела форму усечённого конуса ∅38,5×∅42,5×16 мм с незначительной бочкообразностью боковой поверхности. Остальные переломные точки графика (см. рис. 6,*б*), полученного МГЭ, определены прямым расчётным подходом. Этот же подход позволяет получить величину d более точно в рамках упомянутого выше диапазона значений, но требует неоднократного (итерационного) решения прямой задачи. Экспериментальная зависимость $\Delta h = f(d)$ достаточно близка к результатам гранично-элементного расчёта: рациональная заготовка имеет ∅39мм. При этом данные прямого конечно-элементного расчёта (см. рис.6,*б*) показывают, что ещё на заготовке ∅30 мм (заготовка, используемая в заводской технологии) присутствует двунаправленное заполнение ручья штампа.

Экспериментальные силовые характеристики процесса штамповки позволяют оценить процесс по параметрам максимального потребного усилия (Р,кН) и работе деформирования (А, кН×мм) в сравнении с технологией традиционной заводской штамповки поковки «стойка» (см. рис.6,*а*).

Рассмотренная в настоящем разделе методика расчёта формы и размеров заготовок и заготовительных ручьёв решает задачи полного заполнения полости чистового ручья с рациональным – в пределах мостика – облоем.

В процессе расчётов имеется возможность контролировать форму и размеры заготовки таким образом, чтобы предотвратить образование дефектов в поковке.

Так, расчёт и анализ постадийного формоизменения заготовки для шестерни, полученной (см. рис.4) обращением движения деформирования, даёт возможность проследить за заполнением полости штампа и предотвратить образование зажима на боковой поверхности (рис.7).

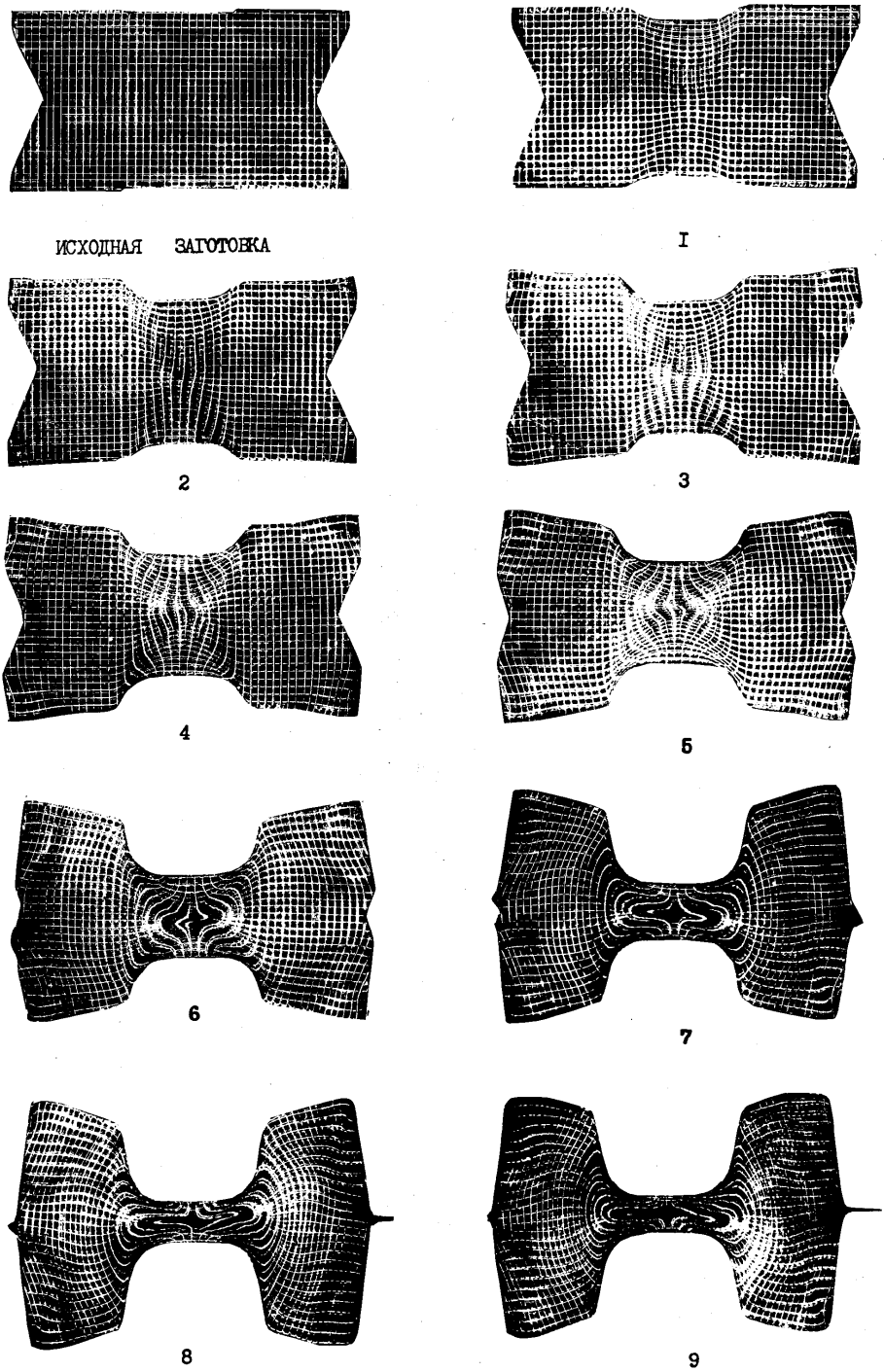


Рис.7. Экспериментально наблюдаемое формоизменение
рассчитанной исходной заготовки при постадийном деформировании

Условия предотвращения зажима на боковой поверхности заготовки рассмотрены в работе [56], где показано, что, выполняя расчёт и проектирование в диалоговом режиме, можно получить размеры полуфабрикатов, обеспечивающие изготовление бездефектной поковки.

В последние годы всё чаще ставятся и решаются проблемы прогнозирования и управления распределением деформаций по сечению готовой поковки. Поскольку эти проблемы являются по своей сути оптимизационными, рассмотрим их несколько подробнее.

Оптимизация исходных и промежуточных заготовок в процессах объёмной штамповки. Изготовление поковок с минимально возможной неравномерностью распределения деформации по сечению привлекает внимание исследователей [57-59] в связи с непосредственной зависимостью от этого показателя служебных характеристик готовых изделий. В указанных работах предпринимаются попытки повлиять на те причины появления неоднородностей деформаций в поковках, которые связаны с условиями течения металла в разных микрообъёмах поковок сложной формы. Более полно причины появления неоднородностей деформаций при различных процессах ОМД рассмотрены в учебном пособии [60]. Возможность существенного улучшения качества штампованных изделий путём изменений условий деформирования для поковок ответственного назначения показана, в частности, в работах [61, 62]. Особенностью этих работ является введение заготовительных ручьёв как основного средства управления неравномерностью деформации.

Форма и размеры заготовительных ручьёв определяются на основе многолетних производственных опытов. Одним из принципиальных путей дополнения подобных данных является предложенный в работе [63] подход к оптимизации формы инструмента и полуфабриката в процессах ОМД. Суть подхода состоит в том, что на основе предварительных исследований выдвигается гипотеза о форме оптимизируемых изделий. Далее следует строгая оптимизация по параметрам, которых, как указано в работе [63], должно быть не более 3-4.

Аналогичная методика оптимизации изделий применяется в поисковом конструировании [64], а применительно к заготовительным ручьям для поковок, изготавливаемых ОШ, рассмотрена в работе [57]. Форма заготовительного ручья может быть принята либо на основе соответствующей предварительной информации, либо по данным обратного расчёта. Дальнейшая оптимизация параметров заготовки выполняется безградиентным методом, как это показано в работе [65]. Как показано в работе [57], при таком подходе достигается требуемый эффект: снижается количественно оцениваемая неравномерность распределения деформации по сечению поковки.

Кроме такой методики оптимизации, которая должна рассматриваться как одношаговая, в процессах ОМД нашла применение более строгая как в плане физической, так и в плане математической постановки и реализации методика многошаговой оптимизации, основанная на динами-

ческом программировании. Применительно к оптимизации заготовок и заготовительных ручьёв в процессах ОШ эта методика впервые реализована в работе [66].

Оптимизационные задачи ОМД, в частности ОШ, актуальны и в настоящее время, о чём, в частности, свидетельствуют научные исследования (например, [67]) и включение таких данных в учебники [68] и учебные пособия [69].

Задачи оптимизации структуры поковок, выполненные по схеме многошаговой оптимизации, являются наиболее общими и потому самыми перспективными. Рассмотрим несколько подробнее этот вопрос, следуя работе [70].

Оптимизации подвергался процесс штамповки поковки двутаврового сечения. Оптимизация выполнялась по критерию минимума неравномерности распределения деформации по сечению.

Учитывая результаты работы [57], в качестве целевой функции принят параметр

$$J = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| \varepsilon_{cp} - \varepsilon_i \right| \cdot S_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i}, \qquad (2)$$

где ε_i и S_i – степень деформации на произвольном (i-м) участке сечения и площадь этого участка; ε_{cp} – среднее арифметическое значение степени деформации по сечению поковки.

Реализация расчётов направлена на определение таких заготовительных форм полуфабриката, поступающего в чистовой ручей, при которых выражение (2) для рассматриваемого сечения готовой поковки принимает минимальное значение:

$$J \to \min. \qquad (3)$$

Управление процессом штамповки в целях достижения условия (2) осуществляется путём увеличения числа степеней свободы течения металла на ряде расчётных стадий. На каждой стадии это обеспечивается наличием зазоров α_n (полостей) между деформируемым металлом и ручьём штампа (например, на стадии n -1), предшествующей расчётной стадии (например, n). Благодаря этому на рассматриваемой расчётной стадии (n -й) создаются условия для заполнения металлом созданной ранее (на стадии n-1) полости, что равносильно увеличению числа направлений (степеней свободы) течения металла.

Оптимизационные расчёты выполнены по схеме обратной прогонки динамического программирования, а расчёты формоизменения на каждой стадии – численным методом граничных элементов.

Вводимые варианты управлений на расчётных шагах определяли различными комбинациями расположения вышеупомянутых зазоров α_n на стадиях расчёта. Значение параметра α_n определяли согласно ГОСТ 7505-89 по допускам на соответствующие размеры поковки с коэффициентом ½.

В целях увеличения точности на каждом расчётном шаге результаты расчётов обратных задач формоизменения контролировались путём решения соответствующих прямых задач. Эти расчёты выполняли методом конечных элементов с использованием программы QForm.

Поскольку реализация решения многошаговой оптимизационной задачи сопряжена со значительным увеличением на каждом следующем шаге расчётной задачи, что определено как «проклятие размерности» [71, с.157], и вызывает необходимость решения большого объёма «пошаговых» задач, возрастающего с увеличением шагов и вариантов управления, вводимых в процессе оптимизации, в работе применена схема введения исходных ограничений по алгоритму «киевский веник», предложенная для решения оптимизационных задач, решаемых методом динамического программирования [72,73]. Реализация этой схемы сводится к определению наиболее конкурентоспособных вариантов перехода форм на соседних шагах оптимизационного расчёта. Полная оптимизационная схема, представленная на рис.8, может быть сокращена до области, ограниченной штриховкой.

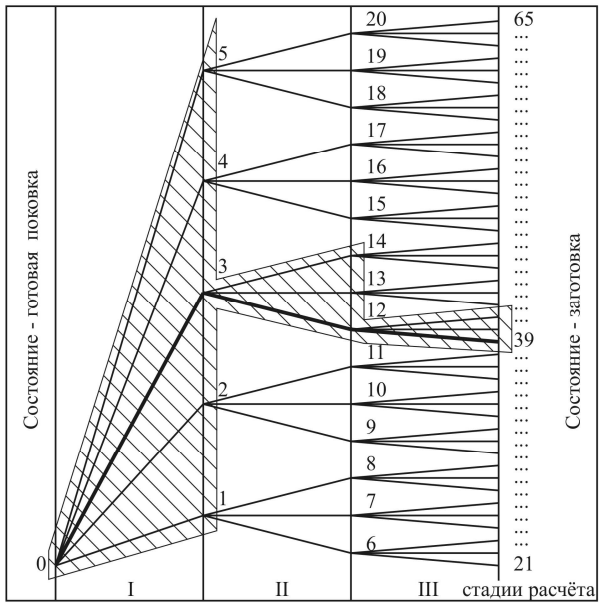


Рис.8. Схема многошаговой оптимизации

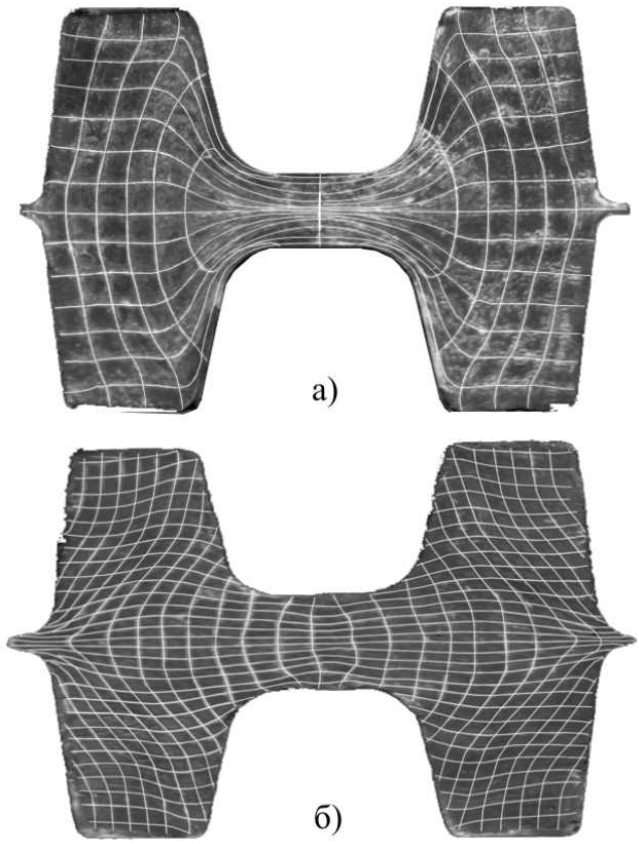


Рис.9. Координатная сетка сечений поковок, полученных штамповкой в один переход (*а*) и штамповкой по оптимальной схеме (*б*)

Экспериментальная апробация выполнена на свинцовых заготовках с координатной сеткой, деформированных с применением специальной оснастки, обеспечивающей условия плоской деформации образцов. Рис.9 наглядно иллюстрирует повышение равномерности распределения деформации по сечению поковки при штамповке по оптимальной схеме. Количественное – расчётное и экспериментальное – сравнение равномерности распределения деформации по параметру (2) в сечении готовой поковки при разных технологических схемах приведено в таблице.

Сравнение оптимальной технологии с известными ТП по критерию *J*

Технологическая схема штамповки	Расчёт	Эксперимент
Штамповка в один переход (простейшая схема)	0,24	0,16
Штамповка по схеме, приведенной в работе [74]	0,15	0,12
Оптимальная схема штамповки (путь 0-3-12-39, рис. 8)	0,08	0,07

Заключение. Рассмотрены основы методов расчёта и оптимизации процессов объёмной штамповки (ОШ). Показано, что указанные задачи могут быть решены: на основе прямого и обратного математического моделирования, выполняемого современными численными методами; применением методов одно- и многошаговой оптимизации.

В работах авторов основным являлся численный метод граничных элементов. Одношаговая оптимизация процессов ОШ выполнена на основе прямых методов, в первую очередь на основе метода деформируемого многогранника. Многошаговая оптимизация выполнялась на основе алгоритма обратной прогонки метода динамического программирования.

Непременным условием законченности работ является проверка расчётных данных методами физического моделирования.

Библиографический список

1. Тетерин Г.П. Новые методы расчета процессов горячей штамповки. – Волгоград: Н.-Волж. кн. изд., 1969.–112с.

2. Вайсбурд Р.А., Тарновский И.Я., Тетерин Г.П. Об использовании быстродействующих вычислительных машин для разработки технологии горячей штамповки. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1963. – №2.–С.10-13.

3. Тетерин Г.П., Полухин П.И. Основы оптимизации и автоматизации проектирования технологических процессов горячей объёмной штамповки. – М.: Машиностроение, 1979.–284с.

4. Теория обработки металлов давлением (Вариационные методы расчёта усилий и деформации) / И.Я. Тарновский, А.А. Поздеев, О.А. Ганаго и др.; Под ред. И.Я. Тарновского – М.: Металлургиздат, 1963.–672с.

5. Аксёнов Л.Б. Системное проектирование процессов штамповки. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990.–240с.

6. Резников Ю.Н. Течение металла при заполнении полости штампа. // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия. – 1978. - N4. – С.72-76.

7. C.F.Castro, C.A.C.Antonio and L.C.Sousa. Optimisation of shape and process parameters in metal forging using genetic algorithms. // Journal of Materials Processing Technology, Vol.146, Is.3, 10.03.2004, P.:356-364.

8. Ravikiran Duggirala, Aly Badawy. Finite Element Method Approach to Forging Process Design. // J. Materials Shaping Technology, Vol.6, No.2, 1988, p.: 81-89.

9. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1966.–599с.

10. Математическое моделирование технологических процессов и метод обратных задач в машиностроении. / А.Н. Тихонов, В.Д. Кальнер, В.Б. Гласко. – М.: Машиностроение, 1990.–264с.

11. Резников Ю.Н. Расчет размеров заготовок в процессах объёмной штамповки. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1979. – №2. – С.14-16.

12. Резников Ю.Н. Расчет формы и размеров заготовок в процессах объёмной штамповки методом верхней оценки. // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия. – 1979. – №2. – С.64-70.

13. Губкин С.И., Юшков А.В., Добровольский С.И. Выяснение причин расслоения металла (в плоскости облойного мостика) при объемной штамповке. // Сб. науч. трудов ФТИ АН БССР. Вып.2. - Минск: Изд-во АН БССР, 1955. – С.16-22.

14. Бровман М.Я. Использование обратных задач теории пластичности для анализа процесса прокатки. // Технология лёгких сплавов.– 1983.–№1.–С.25-31.

15. Моделирование и расчет течения металла при штамповке на КГШП с использованием вычислительного комплекса SPLEN-S / Е.Н.Чумаченко, Л.Э.Рогалевич, М.Б.Свешников, С.Е.Чумаченко // Кузнечно-штамповочное производство. – 2000. – №4. – С.37-42.

16. Биба Н.В., Власов А.В., Лишний А.И., Стебунов С.А. Конечно – элементная модель электровысадки. // Кузнечно-штамповочное производство. – 2001. – №6. – С.40-43.

17. Вовченко А.В. Моделирование формоизменения материала в процессах электровысадки методом граничных элементов (МГЭ)./ ДГТУ. – Ростов н/Д, 1999.-10с.: ил.2, библ.10. - Рус. Деп. в ВИНИТИ 2.12.99, №3577-В99.

18. Forging perform design-ubet based methods. // M.I.Ghobrial, F.H.Osman, A.N.Bramley / Twenty-Fifth International Machine Tool Design and Research Conference, 1985, April 22-24, Birmingham, pp. 466-471.

19. A new apporaach to preform design. in metal forming with the finite element method. // Park J.J., Rebelo Nuno, Kobayashi Shiro. / Int. J. Mach. Tool Des. and Res., 1983, 23, N1, 71-79.

20. Орлов Г.А., Богатов А.А. Вариант решения обратной вариационной задачи в теории обработки металлов давлением. // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия. – 2001. – №1. – С.: 67-68.

21. Вовченко А.В. Особенности обратного гранично-элементного моделирования процессов объёмной штамповки. // Механика деформируемого твёрдого тела и обработка металлов давлением: Сб. науч. тр. Часть 1. / ТулГУ. Тула, 2002. - С.70-76.

22. Резников Ю.Н., Вовченко А.В. Особенности расчётов процессов объёмной штамповки, основанных на решении обратных задач. // Вестник ДГТУ. – 2003. – Т.3. – №4(18). - С. 430–437.

23. Друянов Б.А., Непершин Р.И. Теория технологической пластичности. – М.: Машиностроение, 1990.–272с.

24. Томлёнов А.Д. Теория пластического деформирования металлов. – М.: Металлургия, 1972.–408с.

25. Джонсон У., Меллор П.Б. Теория пластичности для инженеров. – М.: Машиностроение, 1979.–567с.

26. Баев Б.А., Костарев И.В. Использование положений теории течения тонкого пластического слоя при горячей штамповке ребристых деталей для проектирования технологических процессов. // Технология лёгких сплавов. – 1979. – №7. – С.47-50.

27. Костарев И.В., Казьмин А.В. Исследование процесса формообразования деталей с одно- и двухсторонними рёбрами жёсткости. // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 1980. – №1. – С.106-109.

28. Ильюшин А.А. Вопросы течения пластического вещества по поверхностям. // Прикладная математика и механика. – 1954. – Т.18. – Вып.3.– С.265-288.

29. Прогнозирование и способ устранения образования зажимов при формовке колёсных заготовок. / Б.Г. Каплунов, В.Н. Крашевич, М.И. Староселецкий, А.В. Белущенко // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия. – 1991. – №1. – С. 55-56.

30. Каплунов Б.Г. Математическая модель расчёта пластической деформации в процессах штамповки заготовок тел вращения. // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия. – 1994. – №2. – С.20-25.

31. Математическое моделирование процесса получения непрерывно-литой деформированной заготовки на литейно-ковочном модуле. / В.И. Одиноков, Б.И. Проскуряков, В.В. Черномас // Металлы. – 2006. – №1. – С.25-29.

32. Гугучкин Ю.В., Стебунов С.А., Шакуров Л.А. Опыт применения системы ФОРМ-2Д в производственной практике. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1993. – №10. – С.24-26.

33. Автоматизированная система Форм-2Д для расчёта формоизменения в процессе штамповки на основе метода конечных элементов. / Г.Я.Гун, Н.В.Биба, О.Б.Садыхов и др. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1992. – №9-10. – С.4-7.

34. Вайо П., Сарычев Н.Г., Чинак П. Анализ процесса выбора переходов штамповки поковок с помощью компьютерного моделирования. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1998. – №5. – С.29-31.

35. Проектирование технологических процессов объёмной штамповки и расчёт элементов штампового инструмента, оснастки и оборудования на базе вычислительного комплекса SPLEN. / Е.Н. Чумаченко, М.А. Цепин, С.Е. Чумаченко, Л.Э. Рогалевич // Вестник машиностроения.–2000.– №4.–С. 37-45.

36. Миленин А.А. Сравнительный анализ возможностей метода граничных элементов и метода конечных элементов при математическом моделировании процессов обработки металлов давлением. // Металлы.– 1997.–№2.–С.65-72.

37. Резников Ю.Н., Вовченко А.В. О применении метода граничных элементов в математическом моделировании нестационарных процессов деформации. // Металлы. – 2002. – №6. – С.49–54.

38. Секулович М. Метод конечных элементов. – М.: Стройиздат, 1993.–664с.

39. Мелош Р. Основы получения матриц для прямого метода жёсткостей. // Ракетная техника и космонавтика. – 1963. – №7. – С.169-176.

40. Чер Л., Зиая Д., Леринц Л.Пакет программ для имитации заполнения ручья при комбинированном выдавливании в холодном и горячем состоянии. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1987. – №9. – С.9-11.

41. Бенерджи П., Баттерфилд Р. Метод граничных элементов в прикладных науках.–М.: Мир, 1984.–494с.

42. Бреббия К. и др. Методы граничных элементов. / Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. – М.: Мир, 1987.–524с.

43. Бреббия К., Уокер С. Применение метода граничных элементов в технике. – М.: Мир, 1982.–248с.

44. Теллес Д.К.Ф. Применение метода граничных элементов для решения неупругих задач. – М.: Стройиздат, 1987.–160с.

45. Ворович И.И., Красовский Ю.П. О методе упругих решений. // Доклады АН СССР. – 1959. – Т.126. – №4. – С.740-743.

46. Определение параметров напряженно-деформированного состояния цилиндрического образца при осадке плоскими плитами / П.И.Полухин, В.П.Полухин, Н.Ф.Андрианов, А.В.Новиков // Технология лёгких сплавов. – 1982. – №3. – С.23-28.

47. Применение метода граничных интегральных уравнений к исследованию процессов обработки металлов давлением / П.И.Полухин, В.П.Полухин, Н.Ф.Андрианов, А.В.Новиков // Изв.АНСССР.Металлы.-1982.-№1.-С.179-183.

48. Лиховцев В.М., Перлин П.И. Решение упругопластических задач методами потенциала. // Прикладные проблемы прочности и пластичности: Всесоюзный межвуз. сб. – Вып.34. – Горький. – 1986. – С.26-32.

49. Сведлоу Дж., Круз Т. Вывод граничных интегральных уравнений для трёхмерного упругопластического течения. // Механика: Периодический сборник переводов. – 1972. – №4 (134). – С.96-106.

50. Ильин В.П. Численные методы решения задач электрофизики. – М.: Наука, 1985.–336с.

51. Cheng-I Weng, Chuen-Chang Hung. Elasto-plastic deformation of upsetting. / Proceedings of the International Conference held in Barcelona, Spain, 6 th - 10 th, April, 1987, pp.1097-1108.

52. A.Chandra, S.Mukherjee. A Boundary Element Analysis of Metal Extrusion Processes. // Journal of Applied Mechanics. June 1987, Vol.54, pp. 335-340.

53. A.Chandra, S.Saigal. A Boundary Element Analysis of the Axisymmetric Extrusion Processes. // Int. J. Non-Linear Mechanics. 1991, Vol.26, No1, pp. 1-13.

54. Костарев Н.В., Харитонов А.О. Прочностной расчёт штамповочной оснастки с применением методов граничных элементов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1993. – №12. – С.13-15.

55. Резников Ю.Н., Вовченко А.В., Быкодоров А.В. Уменьшение длительности стадии доштамповки на основе моделирования формоизменения. // Кузнечно-штамповочное производство. ОМД. – 2001. – №4. – С.33–36.

56. Резников Ю.Н., Курочкин Г.М. Расчёт и проектирование заготовок в процессах объёмной штамповки с применением ЭВМ и чертёжно-графического автомата. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1980. – №1. – С.14-16.

57. Резников Ю.Н., Калинин Г.Г. Оптимизация заготовительных ручьёв для поковок, изготовляемых объёмной штамповкой. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1998. – №10. – С.8-10.

58. Prediction of Grain Size Evolution for Hot-Forget Workpieces. // Li Jun, Li Runfang /Cailiao Kexue yu gongyi: Mater.Sci.&Technol.-1999,Vol.7, No2, pp.73-76.

59. M. Becker & R. Kopp A new approach to optimization of metal forming processes / Institute for Metal Forming. Technical University of Aachen, FR Germany; Numiform 1989, Tompson et. al. (eds), Balkema, Rotterdam, pp.:107-113.

60. Полухин П.И., Горелик С.С., Воронцов В.К. Физические основы пластической деформации. – М.: Металлургия, 1982.–584с.

61. Шайкевич Е.Б., Медницкий В.М. Влияние условий деформирования на качество штампованных полуфабрикатов из алюминиевых сплавов. // Технология лёгких сплавов. – №2. – 1981. – С.56-59.

62. А.с. 461783 СССР, МКИ В 21 k 3/04; В 21 j 13/02. Штамп для предварительного формообразования заготовок турбинных лопаток / В.И.Тихонов, Е.Н.Пересниченко, И.Г.Генерсон, И.Д.Бурмистров, И.П.Петров, Ю.Я.Рысков // Опубл. в Б.И. №8, 28.02.75.–2с.

63. Трусов П.В. Оптимизация процессов профилирования труб сложной конфигурации. // Прикладные проблемы прочности и пластичности. – Вып.20. – 1982. – С.70-77.

64. Автоматизация поискового конструирования (Искусственный интеллект в машинном проектировании). / А.И.Половинкин, Н.К.Бобков, Г.Я.Буш и др. – М.: Радио и связь, 1981.–344с.

65. Резников Ю.Н. О расчете течения металла в процессах объемной штамповки методом верхней оценки. // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия. – 1981. – №4. – С. 84-87.

66. Резников Ю.Н. Расчёт оптимальных заготовок и заготовительных ручьёв в процессах объёмной штамповки // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия. – 1987. – №10. – С. 39-43.

67. Вайсбурд Р.А., Коновалов А.В. Задачи оптимального управления процессами обработки металлов давлением // Кузнечно-штамповочное производство. – №8. – 1998. – С.10-16.

68. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1986.–688с.

69. Резников Ю.Н., Мороз Б.С., Вовченко А.В. Оптимизация технологических процессов обработки металлов давлением: Учеб. пособие. – Ростов-н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2002.–94с.

70. Резников Ю.Н., Вовченко А.В., Жиленков В.Е.Об оптимизации процессов деформирования металлов. // Металлы.–2006.–№1.–С. 39–43.

71. Габасов Р., Кириллова Ф.М. Основы динамического программирования. – Минск: Изд-во БГУ, 1975.–264с.

72. Моисеев Н.Н. Численные методы в теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1971.–424с.

73. Михалевич В.С. Последовательные алгоритмы оптимизации и их применение. // Кибернетика. – 1965. – №1,2.

74. Неймайер Н.Ф. Холодная и горячая штамповка. Т2. – М.: ОНТИ, 1935.–744с.

Материал поступил в редакцию 21.11.06.

Yu.N. REZNIKOV, A.V. VOVCHENKO

CALCULATION AND OPTIMIZATION OF DIE FORGING PROCESSES.

The review of methods of calculation and optimization of die forging processes is submitted. The scheme of direct and inverse mathematical simulation of metal forming and methods realization of calculation are considered. On concrete examples the principles and methods of the calculation of optimum original and intermediate blanks for forgings being produced by die forging processes are shown.

РЕЗНИКОВ Юлий Наумович (р.1934), доктор технических наук (1992), профессор кафедры МиТОМД ДГТУ (1993). Окончил Днепропетровский металлургический институт (1957) по специальности «Обработка металлов давлением».
Научные интересы связаны с совершенствованием расчётов и оптимизации процессов ОМД на основе метода граничных элементов и решения обратных задач формоизменения.
Автор 108 научных работ по представленному направлению. Среди учеников два кандидата технических наук.

ВОВЧЕНКО Арменак Владимирович (р.1974), кандидат технических наук (2000), доцент кафедры МиТОМД ДГТУ (2004). Окончил ДГТУ (1996) по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств».
Автор 24 научных публикаций по совершенствованию расчётов и моделированию процессов ОМД (ОШ) численным методом граничных элементов.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 621.762.2:519.6

А.В. ЛЮЛЬКО, Б.Б. ЖМАЙЛОВ

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА СВОЙСТВ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Представлены результаты исследования свойств поликомпонентных порошковых материалов, формируемых из отдельных ингредиентов в факторном пространстве «состав-свойства» на плоской симплексной диаграмме. При этом на основе общих принципов построения информационно-аналитической системы (ИАС) найдено решение частных задач проектирования и анализа свойств композиционных материалов систем <Fe-Cu-C>, <Fe-S-O>, <Fe-S-C> для изделий машиностроения.
Ключевые слова: *композиционные материалы, порошковые микрокомпозиты, моделирование, симплексные диаграммы, «состав-свойства».*

Введение. Эффективное использование композиционных материалов, изготовление которых базируется на технологии порошковой металлургии как метода создания новых и совершенствовании традиционных поликомпонентных материалов, может быть значительно повышено за счет разработки и использования приемов адаптивного проектирования . Из многочисленных методов моделирования поведения материалов от условий их композиционирования (собственно подюора составов и структурного состояния матрицы и подкомпонентов) и технологических параметров воздействия (температуры, времени, степени деформации) безусловные преимущества прикладного характера имеют приемы проектирования в тесной связи взаимодействия «состав-свойства», описываемые формальными или оригинальными функциональными зависимостями по диаграммам типа «симплекс» с использованием аппарата математической статистики [7,8]. При этом технологическое обеспечение «поликомпонентности» материала не вызывает никаких трудностей вследствие дисперсного состояния исходных продуктов (элементарных порошков, микрокомпозитов с подкомпонентами, гранулята и т.п.), а их пропорциональное соотношение определяется достаточно строгими правилами построения симплексных диаграмм и положением узловых точек (см. рис.1). На этой основе по мере накопления экспериментальных и виртуальных результатов могут быть построены информационно-аналитические системы (ИАС) композиционных материалов, являющиеся как банком отработанных технологических решений, так и базисом для новых изысканий.

Методика исследований. Задача настоящей работы состоит в использовании такого подхода при разработке ИАС для исследования свойств поликомпонентных смесей порошковых ингредиентов и их реального наглядного отображения на симплексных диаграммах, для построения которых предлагаются новые алгоритмы решения, способы хранения и обработки данных на основе технологий Java и XML [7-10].

Результаты исследования заключаются в установлении зависимости между входными параметрами – массовыми, объёмными или геометрическими (например, по поверхности шлифа или имидж- изображениями фрактограммы) долями исходных смесей и выходными параметрами – свойствами полученного материала и в определении уровней (точек) исходных компонентов, оптимизирующих получение материала с теми или иными свойствами. Данные задачи решаются планированием эксперимента на конкретных диаграммах «состав – свойство» [4,5].

В данном случае при исследовании системы компонентов на основе железа типа <Fe-Cu-C>, <Fe-Sn-P>, <Fe-S-C> используется активный эксперимент и стохастическая (вероятностно-статистическая) модель. Связь между входными и выходными параметрами системы описывается полиномом. Для оценки коэффициентов полинома, аппроксимирующего действительную зависимость (функцию отклика), необходимо располагать статистическим материалом, характеризующим состояние системы в процессе функционирования. Эту информацию получают путем активного вмешательства в функционирование системы и постановки опытов в определенных точках (x_{1j}, x_{2j}, x_{3j}), j = 1,2,..., k, где j - номер опыта, x_{1j}, x_{2j}, x_{3j} - концентрация каждого компонента в экспериментальной точке в допустимой области пространства управляемых параметров.

Таким образом, основным объектом системы, готовящимся заранее по требованию (желанию) проектировщика и/или заказчика (потребителя), является матрица планирования эксперимента (МПЭ), которая создается на основании выбранной математической модели «состав – свойство» и, свою очередь, описывается приведенным полиномом соответствующей степени, кроме того, в качестве исходных данных для ее построения указывается концентрация компонентов порошковой смеси (рис.1).

Матрица планирования 2

№ опыта	Координа...	Z1	Z2	Z3	X1	X2	X3	Отклик-Y2	Знач.-Y2	Коэф.-Y2	Знач.Коэф...
1	X1	1.0	0.0	0.0	98	1	1.0	Y1	0.023	b1	0.023
2	X2	0.0	1.0	0.0	94	5.0	1.0	Y2	0.033	b2	0.033
3	X3	0.0	0.0	1.0	94	1	5.0	Y3	0.043	b3	0.043
4	X122	0.33333334	0.6666667	0.0	95.333336	3.6666667	1.0	Y122	0.056	b12	0.08775
5	X133	0.33333334	0.0	0.6666667	95.333336	1	3.6666667	Y133	0.0231	b13	-0.01327
6	X233	0.0	0.33333334	0.6666667	94	2.3333335	3.6666667	Y233	0.0253	b23	0.00968
7	X112	0.6666667	0.33333334	0.0	96.666664	2.3333335	1.0	Y112	0.039	g12	-0.09225
8	X113	0.6666667	0.0	0.33333334	96.666664	1	2.3333335	Y113	0.037	g13	0.13883
9	X223	0.0	0.6666667	0.33333334	94	3.6666667	2.3333335	Y223	0.055	g23	0.22297
10	X123	0.33333334	0.33333334	0.33333334	95.333336	2.3333335	2.3333335	Y123	0.018	b123	-0.65745

Рис.1. Заполненная на ПК матрица планирования эксперимента

Обсуждение результатов. На основании данных, представленных в МПЭ (через реальный или виртуальный, мысленный, эксперимент), строятся контурные кривые отклика на симплекс-диаграмме. На практике исследование одного отклика не всегда позволяет в полной мере выполнить здесь же анализ других свойств смесей. Самый простой выход – создание аналогичной МПЭ с теми же концентрациями, но для другого отклика. Так исследовалась традиционная [9,10] система Fe-Cu-C (Cu – 1-3%,C – 0-2%,

Fe – 97-99%, рис.2), в качестве откликов фиксировались: насыпная плотность – Y1 и уплотняемость при 7 т/см^2 – Y2. На первом этапе МПЭ заполняли экспериментальными данными, расчитывали коэффициенты полинома и проверяли адекватность модели.

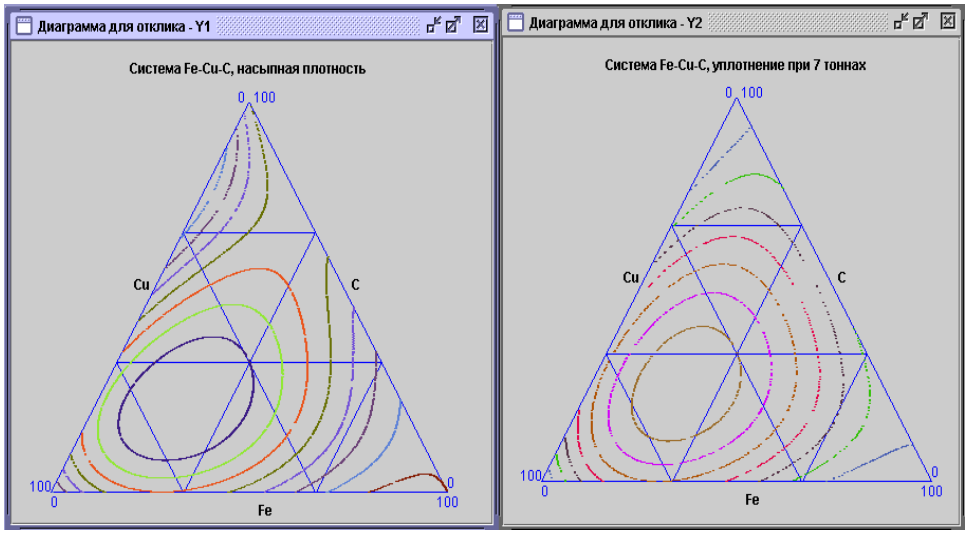
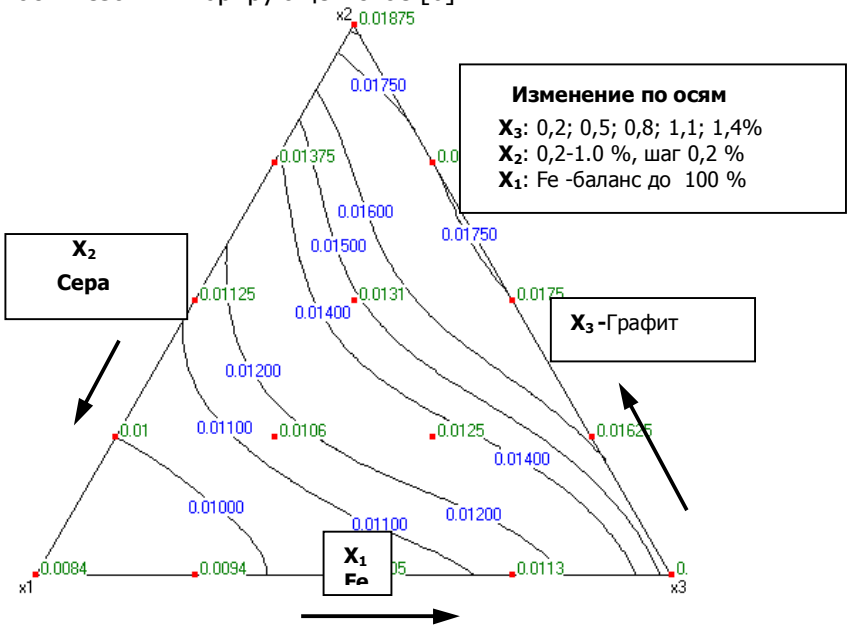


Рис. 2. Построение уровней отклика Y1 и Y2 системы элементов < Fe-Cu-C>

На сновании полученных и обработанных экспериментальных данных были построены две характеристики объекта, в данном случае совокупности порошковых многокомпонентных материалов системы <Fe-Cu-C>**,** заключающиеся в том, что графики (изолинии выходов) и в первом, и во втором случае строятся с использованием одного и того же объекта, однако алгоритмы и исходные данные для построения различны. Так, для всего диапазона значений функции были построены графики на симплексном плане с заданным шагом по отклику (см. рис.2): Y1 - насыпной плотности и Y2 –уплотняемости (прессуемости) при давлении прессования 7 т/см^2. После чего происходит проверка адекватности модели (по контрольным точкам эксперимента) на основании критерия Фишера и проверка значимости коэффициентов полинома с помощью критерия Стьюдента, поскольку считается, что погрешности модели имеют нормальное распределение [7,8].

Такая интерпретация позволяет легко и наглядно выполнить графически многокритериальную оптимизацию, а именно: возможно наложение представленных двух (и более) изображений друг на друга и выявление совпадающих точек и областей. Так, совершенно очевидна корреляционная зависимость насыпной плотности шихты и ее важнейшей характеристики –уплотняемости (прессуемости), что дает основание уже в первом технологическом приеме – композиционировании (смешивание компонентов, осаждение подкомпонентов на матричную основу) выбрать благоприятное сочетание ингредиентов. Например, использовать вместо отдельных порошков или «легкого» элементарного фосфора, или серы специальные

микрокомпозиты типа «Fe-Fe/P-O», «Fe-Cu/P-C» «Fe-S-O», получаемые термосинтезом в вибрирующем слое [6].



$$У\ (k_{тр}) = 0{,}0084X_1 + 0{,}01875X_2 + 0{,}015062X_3 - 0{,}0093X_1X_2 - 0{,}006X_1X_3 + 0{,}0013X_2X_3$$

Рис.3. Изменение коэффициента трения $k_{тр}$ композиционных материалов < Fe- S -C > (показаны семь уровней изолиний и дискретные значения $k_{тр}$ в узловых точках) и математическая интерпретация результатов квадратичной зависимостью

Другой возможностью и эффективным результатом адаптивного проектирования является возможность построения сколь угодно большого семейства изолиний (может быть задействовано более 1 млн.точек построенной и функционирующей ИАС). При этом шаг построения зависимостей может быть настолько подробным, что совершенно наглядно проявляются все «спорные» зоны симплекса , а из них легко выбирается наиболее благоприятная по визуальному фактору. Так, в примере анализа коэффициента трения (рис.3) композиционных материалов системы «Fe-S-C» на основе микрокомпозитов с серой «Fe-S-O» легко установить область со значениями $k_{тр}$ <0,001 - левый нижний угол симплексной диаграммы – и предложить состав материала, как то «Fe-(0,5-1,0)%S-(0,2-0,5)%C», для изготовления антифрикционных втулок-вкладышей, подпятников, направляющих штоков для работы в режиме самосмазывания в открытых узлах механизмов.

Выводы. Таким образом, предложенный объектно-ориентированный подход проектирования поликомпонентных композиционных материалов является весьма практичным и достаточно универсальным, так как может быть не только использован при планировании экспериментов в порошковой металлургии, но и распространен на другие области: строительные материалы, химию, металловедение, сварку, фармацевтику и др., на основе чего могут создаваться локальные, а в перспективе и глобальная информационно-аналитическая открытая системы.

Библиографический список

1. Жмайлов Б.Б., Люлько А.В..и др. Проектирование многокомпонентных порошковых материалов по симплекс-диаграммам и оптимизация их свойств // Свид-во о регистр. прогр. для ЭВМ №2005611225. Бюл.ФИПС. - М. - №3. – 2005. - С.109.
2. Люлько В.Г., Жмайлов Б.Б., Люлько А.В. и др. Компьютерное моделирование функциональных характеристик многокомпонентных материалов по симплекс-диаграммам "состав-свойство" // Свид-во о регистр. прогр. для ЭВМ №2005611224. Бюл.ФИПС. - М. - №3(52). – 2005. - С.110
3. http://www.javaportal.ru/java/articles/dataJTable.html. – Жмайлов Б.Б. Особенности работы с представлением данных и манипуляциями со столбцами в объекте Jtable.
4. Жмайлов Б.Б. Система планирования эксперимента с помощью симплексных решеток. // Журнал "PC Magazine/ Russian Edition". – 2005. - №4. – С.136.
5. Жмайлов Б.Б., Люлько А.В. и др. Приложение графо-аналитического метода анализа порошковых материалов по симплексным диаграммам к практическим задачам // Матер. междунар. н.–техн. конф., п.Славское, 23-26 февр.- Киев, 2005. – С.112-114.
6. Lyulko V.G., . Jmailov B.B, Lyulko A.V. et. al Perfection of graphic-analytical method for the complex analysis of powder materials under simplex polycomponental diagrams // Plansee-Seminar-2005. Proceedings .Vol.1. Reute. Tirol. - PP.1117-1125.
7. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. - М.: Наука, 1976. – 390 с.
8. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. - 280 с.
9. Металлические порошки и порошковые материалы: Справочник / Б. Н. Бабич, Е.В.Вершинина, В. Г.Люлько и др. Ред. Ю.В.Левинский. - М.: ЭКОМЕТ, 2005. - 520 с.: ил.
10. Design and Capabilities of PM Components and Materials. // Powder metallurgy Training Courses. Aachen, Germany 3-11 Sept.2005. - 722 P.

Материал поступил в редакцию 20.12.06.

A. V.LYULKO, B.B.JMAJLOV

REALIZATION OF DESIGN PRINCIPLES AND THE ANALYSIS OF PROPERTIES POLYCOMPONENTAL COMPOSITE MATERIALS

Results of research of properties of the polycomponental powder materials formed of separate components in factorial space of "mixing - property" on the flat simplex diagram are submitted. Thus on the basis of the general principles

of construction of information-analytical system (IAS) the decision of individual problems of designing and the analysis of properties of composite materials of systems <Fe-Cu-C>, <Fe-S-O>, <Fe-S-C> for mechanical engineering is submitted.

ЛЮЛЬКО Артем Валерьевич (р.1977), инженер-механик (1999), магистр техники и технологий (2000) по направлению «Металлорежущие станки и инструмент». Работает в отделе «Изностойкие покрытия и порошковая металлургия предприятия «Синтез» при ДГТУ с 1999 г. После службы по призыву в Вооруженных силах РФ возглавил (2003 г.) лабораторию «Порошковой металлургии».
Научные интересы: общая технология порошковой металлургии, моделирование процессов формирования свойств композиционных материалов, в том числе инструментальных покрытий, информационные технологии в технике.
Автор более 20 печатных работ, в том числе в международных изданиях конференций и симпозиумов. Действительный член Европейской ассоциации порошковой металлургии (ЕПМА), лауреат гранта и сертификата ЕПМА на обучение в школе молодых исследователей (Ахен, Германия, 2005 г.), участник международного (Австрия-Россия-Украина) проекта Евросоюза по порошковым материалам (2004-2007 гг.). E-mail: *atmly@mail.ru.*

ЖМАЙЛОВ Борис Борисович (р.1971), кандидат технических наук , доцент кафедры «Информатика» ДГТУ. Окончил ДГТУ (1993) по спец. «Сварочное производство».
Научные интересы: информационные технологии в технике, создание информационно-аналитических систем, технология композиционных материалов для машиностроения и электротехники, общая технология порошковой металлургии, моделирование технологических процессов.
Автор более 60 печатных работ, в том числе в международных изданиях конференций и симпозиумов, открытых сайтах WWW, реферируемых журналах. Лауреат конкурса компьютерных программ на платформе Java фирмы «Sun Microsystems» . E-mail: *bbj2001@mail.ru.*

УДК 621.762.002

Ю.М. ВЕРНИГОРОВ, И.Н. ЕГОРОВ, С.И. ЕГОРОВА

МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ ПОРОШКОВ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕЛЬНИЦЕ УДАРНОГО ТИПА

Представлена модель, с помощью которой можно прогнозировать гранулометрический состав порошка при измельчении в магнитовибрирующем слое в мельнице ударного типа с учетом начальных условий, времени измельчения и градиента индукции переменного магнитного поля. Показано согласие модели с экспериментальными результатами.

Ключевые слова: *магнитовибрирующий слой, механическое измельчение, магнитные порошки, моделирование эксперимента.*

Введение. Одним из способов, нашедших промышленное применение, является механическое измельчение хрупких материалов. В связи с этим большой интерес представляет прогнозирование влияния внешних воздействий на процесс измельчения с целью повышения производительности помола и управление процессом получения шихты заданного гранулометрического состава.

Частицы порошков магнитных материалов из-за магнитостатического взаимодействия объединяются во флокулы. Для таких порошков применяется магнитовибрационная технология [1], по которой в мельнице ударного типа в области измельчения создается магнитовибрирующий слой, представляющий собой динамически устойчивое взвешенное состояние ферромагнитного порошка в электромагнитном поле [2].

Целью настоящей работы является прогнозирование гранулометрического состава порошка, измельчаемого в мельнице ударного типа при создании магнитовибрирующего слоя, в зависимости от времени помола и параметров электромагнитного воздействия.

Эксперимент. Мельницу ударного типа помещали в общее межполюсное пространство двух электромагнитов, создающих постоянное и неоднородное переменное магнитные поля с взаимно перпендикулярными силовыми линиями. Плоскости вращения бил в мельнице располагались параллельно силовым линиям электромагнитного поля [3]. В процессе измельчения порошок удерживался и перемешивался электромагнитным полем [4] в зоне вращающихся с частотой 15000 об/мин бил.

Измельчали порошок феррита бария фракционного состава: -50 мкм – 0,15 %; +50-83 мкм – 1,51 %; +83-200 мкм – 10,62 %; +200-400 мкм – 21,11 % и +400-500 мкм – 66,61 % в мельнице без элек-

тромагнитного воздействия (режим 0) и в постоянном поле с индукцией B_c =15,4 мТ, переменном со значениями градиента индукции $\frac{\partial B}{\partial y}$: 27,6 мТ (режим 1), 75,0 мТ/м (режим 2) и 90,0 мТ/м (режим 3). Параметры магнитных полей обеспечивали динамическую устойчивость магнитовибрирующего слоя. Порошок измельчали в течение 20 минут, при этом через определенные интервалы времени отбирали пробы для исследования гранулометрического состава. По экспериментальным данным строились кумулятивные вероятностные кривые распределения частиц по размерам, графическое изображение которых дает возможность оценить влияние электромагнитного воздействия на динамику дисперсного состава ферритбариевого порошка от времени помола уже на начальных этапах измельчения.

Математическое моделирование эксперимента. С целью моделирования эксперимента по измельчению порошков в МВС в мельнице исследовались кумулятивные вероятностные кривые распределения частиц по размерам с использованием программного пакета математической обработки данных Origin 6.1. Аппроксимация заключалась в подборе значений свободных параметров в формуле, которые минимизируют среднеквадратичное отклонение точек аппроксимирующей функции от экспериментальных данных. Функция $\frac{\Delta n}{n} = f(d)$, наилучшим образом удовлетворяющая этим условиям, имеет вид

$$\frac{\Delta n}{n} = 100 \cdot \frac{d^m}{k^m + d^m}, \qquad (1)$$

где $\frac{\Delta n}{n}$ – процент содержания фракции в измеряемой выборке порошка (%); d – размер фракции (мкм); k и m – аппроксимационные параметры.

На рис. 1 показаны результаты совместной аппроксимации серий экспериментальных данных по измельчению порошка феррита бария для времен помола 0,5 (а); 2,5 (б); 6 (в); 10 (г) и 20 (д) мин при различных градиентах индукции переменного магнитного поля. Совместная аппроксимация соответствует подбору единых для нескольких кривых параметров, минимизирующих сумму среднеквадратических отклонений аппроксимирующих функций от экспериментальных точек. Из рис. 1 (а-д) следует согласие аппроксимирующих функций и экспериментальных данных независимо от времени измельчения и режимов электромагнитного воздействия на порошок в мельнице.

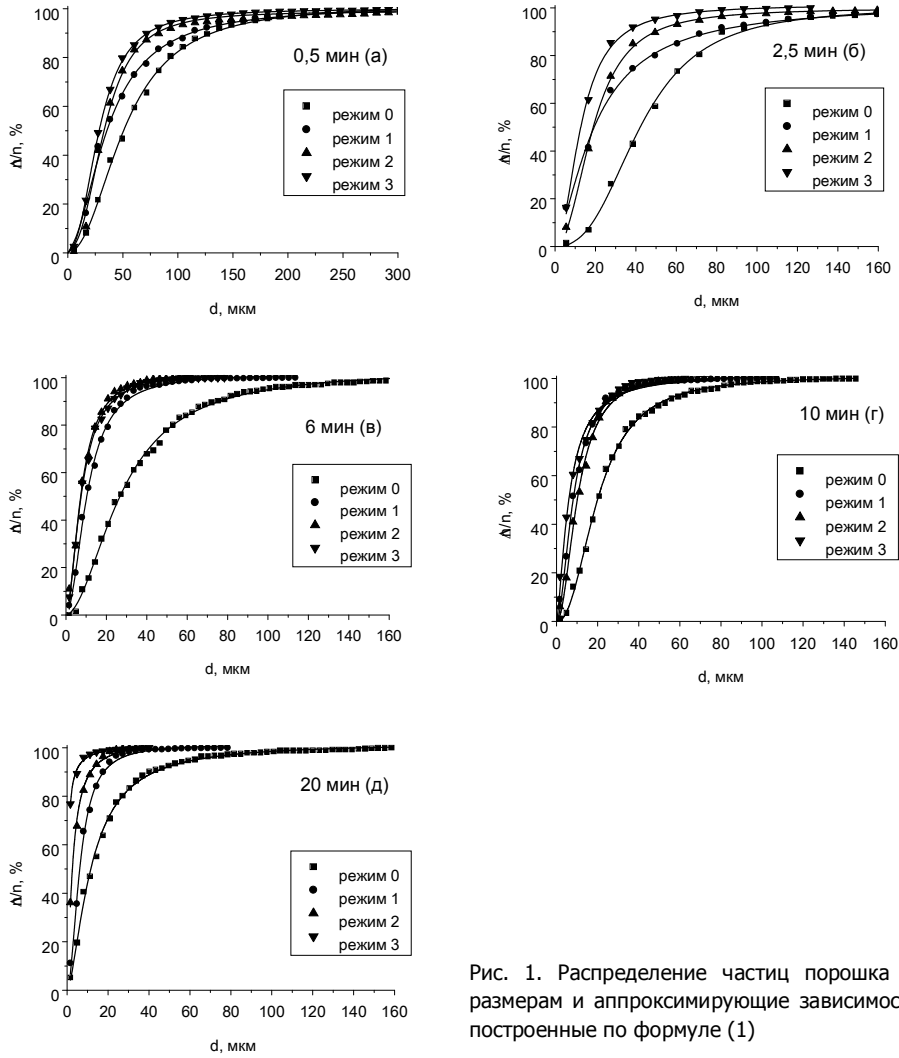


Рис. 1. Распределение частиц порошка по размерам и аппроксимирующие зависимости, построенные по формуле (1)

Из сравнения графического изображения зависимостей следует, что измельчение в режиме создания устойчивого магнитовибрирующего слоя уже через 6 минут обеспечивает меньшую степень рассеивания гранулометрического состава по сравнению с измельчением без электромагнитного поля. Через 20 минут измельчения в режиме 0 степень помола 4,4; в режиме 1– 9,3; в режиме 2 – 15,8; в режиме 3 – 29,4. При измельчении в поле с градиентом индукции 90,0 мТ/м (режим 3) степень помола возрастает в 5,8 раза по сравнению с измельчением без электромагнитного воздействия в режиме 0. Следовательно, степень помола возрастает с увеличением не только длительности процесса измельчения, но и градиента индукции переменного магнитного поля. С ростом градиента индукции переменного магнитного поля увеличивается сила, действующая на частицы и флокулы, что приводит к возрастанию интенсивности движе-

ния порошка и увеличению числа столкновений частиц между собой (самоизмельчение) и с билами. Очевидно, что с уменьшением размера частиц порошка роль самоизмельчения возрастает.

С учетом факторов, влияющих на процесс измельчения порошка в мельнице, характера изменения гранулометрического состава измельчаемого порошка со временем и при изменении градиента индукции переменного магнитного поля на основе уравнения (1) составлена функциональная зависимость распределения порошка по крупности в виде

$$\frac{\Delta n}{n} = 100 \cdot \frac{d^2}{\left(\frac{1}{a + bt + ct\frac{\partial B}{\partial y}} \right)^2 + d^2}, \qquad (2)$$

где t – время измельчения порошка (мин); $\frac{\partial B}{\partial y}$ – градиент индукции переменного магнитного поля (Т/м), используемого при создании магнитовибрирующего слоя; a – параметр, соответствующий начальным условиям, т.е. гранулометрическому составу порошка до помола; параметр b отвечает за интенсивность измельчения за счет ударного действия бил, параметр c – за вклад процессов дополнительного перемешивания порошка, дефлокуляции и самоизмельчения, вызванных воздействием электромагнитного поля.

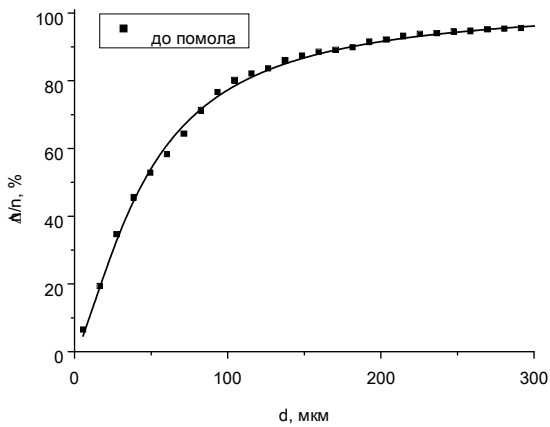


Рис. 2. Распределение частиц порошка по размерам
и аппроксимирующая зависимость для определения параметра a

Параметр a определяется путем аппроксимации кумулятивного распределения частиц порошка по размерам до помола (рис. 2). Он остается фиксированным для уравнений, по которым аппроксимируются распре-

деления измельчаемого порошка. Так, в рассматриваемом случае для порошка феррита бария он равен 0,02.

Параметр b определялся из совместной аппроксимации серии распределений, построенных по экспериментальным данным, полученным при измельчении порошка феррита бария в ударной мельнице без электромагнитного воздействия (рис. 3). Найденное значение b, равное 0,003, едино для всех аппроксимирующих функций, соответствующих помолу без электромагнитного воздействия, и фиксируется для помола в магнитовибрирующем слое.

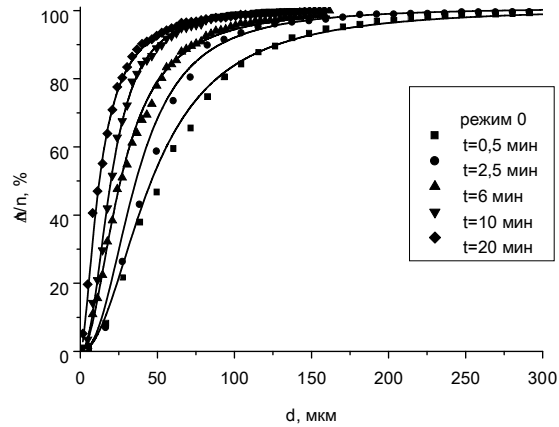


Рис. 3. Распределение частиц порошка по размерам и аппроксимирующие зависимости, построенные для определения параметра b

Определив параметры (a и b), соответствующие начальным условиям и интенсивности измельчения порошка за счет ударного действия бил, используем полученное уравнение (2) для аппроксимации кумулятивных распределений, соответствующих помолу порошка в магнитовибрирующем слое. Проведя совместную аппроксимацию экспериментальных данных по измельчению без магнитного поля (режим 0) и в магнитном поле (режимы 1 – 3) для различного времени помола (0,5; 2,5; 6; 10 и 20 мин), определили общий аппроксимационный коэффициент $c = 0{,}25$.

На рис. 4 отражены результаты аппроксимации экспериментальных данных по измельчению феррита бария в ударной мельнице в магнитовибрирующем слое по формуле (2) с коэффициентами $a = 0{,}02$; $b = 0{,}003$; $c = 0{,}25$.

Установленные зависимости позволяют прогнозировать гранулометрический состав порошка, получаемого при измельчении в магнитовибрирующем слое. При уменьшении крупности исходного порошка будет увеличиваться значение параметра a, скорость вращения бил влияет на па-

раметр b, а вклад самоизмельчения будет увеличиваться при уменьшении размеров частиц порошка, что повлечет рост значения c.

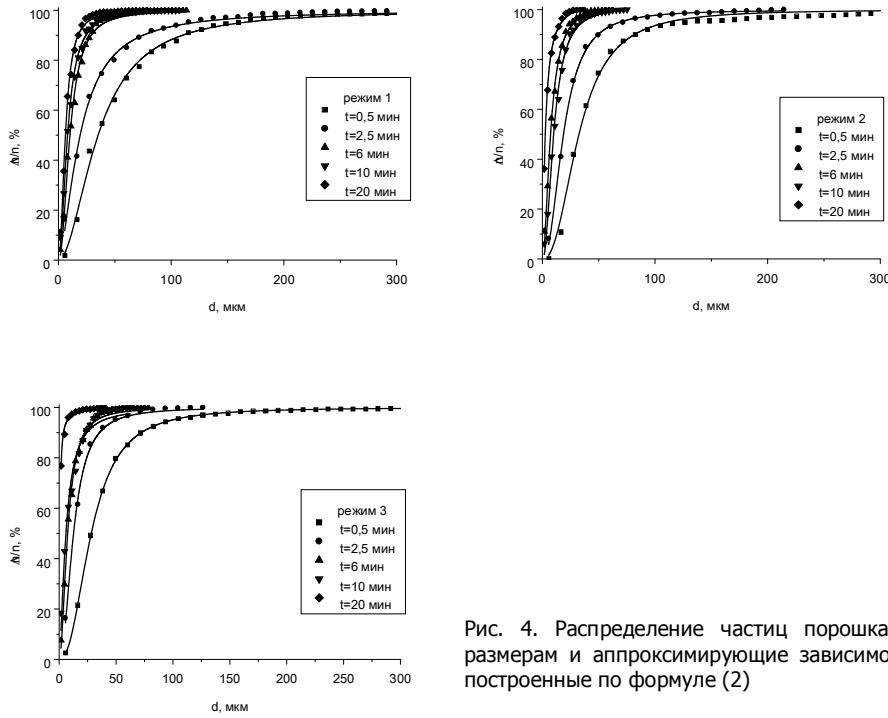


Рис. 4. Распределение частиц порошка по размерам и аппроксимирующие зависимости, построенные по формуле (2)

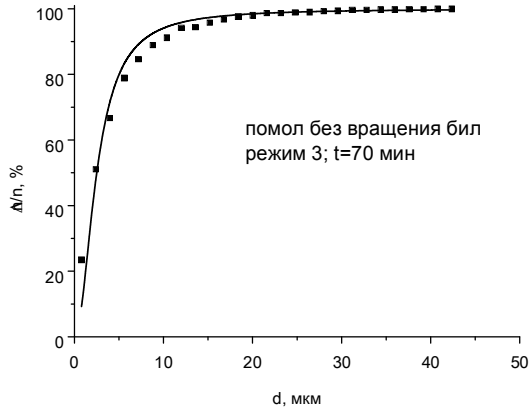


Рис. 5. Распределение частиц порошка по размерам
и зависимость, построенная по формуле (2) с определенными коэффициентами

Для дополнительной проверки описательных возможностей модели построили функциональную зависимость процентного содержания фракций

в измеряемой выборке порошка от размера частиц по формуле (2) без учета ударного действия бил (b =0) для параметров: a = 0,02; c =0,25; $\frac{\partial B}{\partial y}$ =90,0 мТ/м и времени измельчения 70 мин (рис.5). Измельчали порошок в мельнице при создании магнитовибрирующего слоя в режиме, используемом при построении теоретической зависимости, предварительно исключив из конструкции била. В этом случае измельчение порошка осуществляется только за счет соударения частиц между собой и со стенками камеры. Расчетная зависимость совпадает с экспериментальными данными с погрешностью, не превышающей 5% (см. рис.5). Полученные результаты показывают, что данная модель учитывает вклад в процесс измельчения воздействия бил и магнитного поля.

Выводы. Предложенная модель подтверждена результатами эсперимента и позволяет определять необходимые условия при измельчении порошка в магнитовибрирующем слое для получения заданного гранулометрического состава.

Библиографический список

1. Вернигоров Ю. М., Егорова С. И., Лемешко Г.Ф. Влияние режимов магнитокипения на степень разрушения флокул тонкодисперсных порошков // Порошковая металлургия.- 1990.- № 9.- С. 83-87.

2. Vernigorov Yu.M., Egorov I.N., Egorova S.I. Disperse ferromagnet in the magnetovibrating layer // Journal of Magnetism and Magnetic Materials.- 2005, V. 290-291.- P. 1177-1180.

3. Vernigorov Yu.M., Egorov I.N., Egorova S.I. The application of a magnetovibrating layer to the milling of ferromagnetic materials // Euro PM2005 Powder Metallurgy Congress and Exhibition: Proceedings, Vol. 1, 2-5 October, Prague, Czech Republic, 2005.- P.451-455.

4. Вернигоров Ю.М., Егоров И.Н., Егорова С.И. Особенности флокуляции полидисперсных порошков магнитотвердых материалов // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки.- 2006. - №2.- С. 64-68.

Материал поступил в редакцию 08.11.06.

Yu. M. VERNIGOROV, I.N. EGOROV, S.I. EGOROVA

THE MODELING OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION DEPENDENCY WHEN MILLING MAGNETIC POWDER USING BEATER MILL

The model that allows forecasting of particle size distribution when milling magnetic powder in the magnetovibrating layer using beater mill was proposed. Model arguments are initial grain size distribution, milling time and variable magnetic field gradient. The correlation of model with experimental results is shown.

ВЕРНИГОРОВ Юрий Михайлович (р. 1941), доктор технических наук (1995), профессор кафедры физики ДГТУ. Окончил РГУ (1964) по специальности «Радиофизика».
Научные интересы: порошковая металлургия, взаимодействие дисперсных магнитных систем в электромагнитном поле.
Имеет более 100 научных публикаций.

ЕГОРОВ Иван Николаевич (р. 1982), аспирант кафедры физики ДГТУ.
Имеет 15 научных публикаций в области магнитовибрационной технологии.

ЕГОРОВА Светлана Ивановна, кандидат технических наук (1992), доцент кафедры физики ДГТУ. Окончила РГУ (1978) по специальности «Физика».
Область научных интересов: порошковая металлургия и исследование магнитных материалов.
Имеет более 50 научных публикаций.

УДК 621.785.533:621.762

М.С.СТЕПАНОВ

СТРУКТУРА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЛЕГИРОВАННЫХ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ДИФФУЗИОННОМ НАСЫЩЕНИИ АЗОТОМ И УГЛЕРОДОМ

Представлены результаты исследования структуры и фазового состава поверхностного слоя, образующегося в порошковых сталях на основе железа, подвергнутых низкотемпературному диффузионному насыщению азотом и углеродом. Установлена зависимость строения диффузионного слоя от содержания легирующих элементов и продолжительности процесса обработки. Разработана схема формирования структуры и фазового состава порошковых материалов после диффузионного насыщения.

Ключевые слова: *порошковые стали, химико-термическая обработка, диффузионные процессы, структурно-фазовый состав.*

Введение. Применение методов порошковой металлургии открывает широкие возможности для изготовления обширного класса деталей как антифрикционного, так и конструкционного назначения. В то же время расширение областей применения порошковых изделий и повышение их надежности и долговечности обусловливают необходимость повышения механических характеристик как основного фактора, определяющего эксплуатационные свойства порошковых изделий [1]. Для достижения этой цели перспективно применение методов поверхностного упрочнения материалов и, таким образом, создание на их поверхности слоя с повышенными физико-механическими характеристиками [2]. Эффективным методом поверхностного упрочнения является химико-термическая обработка (ХТО), которая позволяет оказывать контролируемое воздействие на структурно-фазовый состав металлических изделий с целью достижения требуемых эксплуатационных характеристик. Однако процессы ХТО порошковых сталей изучены значительно менее подробно, чем компактных, что в целом ряде случаев затрудняет применение поверхностной упрочняющей обработки из-за трудностей выбора режимов насыщения и прогнозирования свойств обрабатываемых материалов.

Постановка задачи. В проведенных исследованиях ставилась задача изучения структуры и фазового состава порошковых сталей различного химического состава, подвергнутых низкотемпературному диффузионному насыщению азотом и углеродом.

Методы исследований. Диффузионному упрочнению подвергали образцы как из спеченного железа, так и композиций, легированных углеродом (до 1%) и медью (до 5%). Величина частиц исходного порошка железа находилась в интервале 80-240 мкм. Пористость образцов составляла 12-21%, средний диаметр пор 10-50 мкм. ХТО проводилась при температу-

ре 500-650 ˚С в течение 0,5-2 часов. Для изучения результатов обработки применяли методы металлографического, химического, рентгеноструктурного и микрорентгеноспектрального анализа. Диффузионное насыщение проводилось в атмосфере продуктов пиролиза жидкого карбюризатора на основе карбамида. Для обеспечения равномерной подачи карбюризатора в печь использовалось специально разработанное дозирующее устройство [3].

Результаты экспериментов и их обсуждение. При ХТО спечённого железа в диффузионном слое наблюдается α-твёрдый раствор азота, нитридная фаза γ' в виде игл, расположенных в объёме ферритных зёрен, ε-фаза в виде отдельных включений, перлит (рис.1). На поверхности образцов находится слой карбонитридной фазы $Fe_3(NC)$ толщиной 2–3 мкм, в поверхностных порах – Fe_3O_4. Такой фазовый состав объясняется тем, что при диффузионном насыщении спеченного железа атомы азота, адсорбируемые на поверхности поровых каналов, интенсивно диффундируют в глубь зерен материала, вследствие чего концентрация азота на поверхности пор не достигает предельной растворимости его в α-железе при температуре обработки, и поэтому в объеме зерен материала наблюдается γ'-фаза, образовавшаяся вследствие уменьшения растворимости азота в процессе охлаждения, а также отмечается отсутствие нитридных фаз на поверхности пор. Повышение пористости в указанном интервале способствует увеличению количества γ'-фазы вследствие большего насыщения азотом в процессе обработки. При увеличении в указанном интервале размеров частиц исходного порошка железа и, соответственно, размеров пор фазовый состав диффузионного слоя не изменяется, а интенсивность диффузии азота при этом возрастает. Увеличение продолжительности процесса насыщения приводит к возрастанию толщины как всего диффузионного слоя, так и поверхностной нитридной фазы, при этом наблюдается изменение соотношения количества образующихся нитридных фаз: количество высокоазотистой фазы растет, а γ'-фазы уменьшается. Так, в структуре материала, подвергавшегося обработке в течение более 2 часов, содержание высокоазотистой фазы является преобладающим.

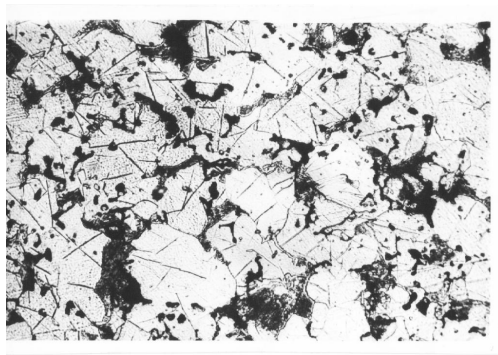


Рис. 1. Микроструктура диффузионного слоя спеченного железа после ХТО;
t = 560 °С; τ = 30 мин (азотистый феррит, нитридные γ'-фаза в объеме зерен и ε-фаза в виде отдельных включений, перлит), х400

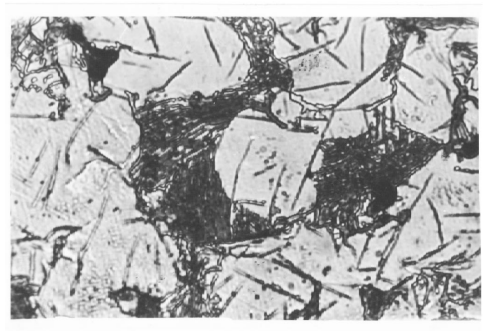


Рис. 2. Микроструктура диффузионного слоя ПК40 после ХТО, t = 560 °С, τ = 30 мин (азотистый феррит, нитридные γ'-фаза в объеме ферритных зерен, ε-фаза в виде отдельных включений вытянутой формы, перлит), х1000

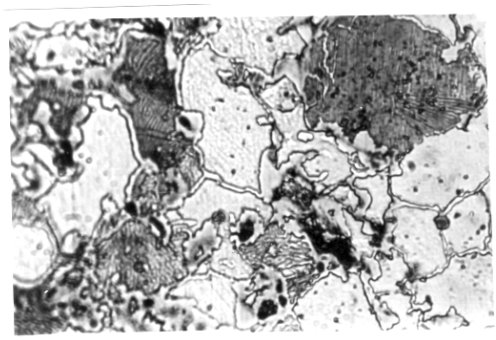


Рис. 3. Микроструктура диффузионного слоя ПК40 после ХТО, t = 560 °С, τ = 120 мин (азотистый феррит, ε-фаза в виде развитой сетки), х1000

Сравнительное изучение диффузионного слоя спечённого железа и материала ПК40 показывает, что в последнем диффузионное насыщение протекает менее интенсивно, вследствие чего содержание азота в диффузионном слое меньше, чем в спеченном железе. В результате меньшей насыщенности ферритных зерен азотом при температуре обработки в их объеме образуется несколько меньшее количество γ'-фазы, в то время как количество оксида железа практически одинаково (рис.2). Повышение продолжительности процесса диффузионного насыщения, как и в спеченном железе, приводит к преобладанию высокоазотистой фазы в структуре материала (рис.3), в то же время меньшая интенсивность протекания процесса диффузии азота приводит к повышению его концентрации на поверхности пор; при этом происходит частичное «зарастание» пор, наблюдаемое вследствие образования нитридной фазы на их поверхности. Пористость материала способствует интенсификации диффузионных процессов [4, 5], однако с увеличением содержания углерода снижается количество γ'-фазы. Это объясняется влиянием цементита эвтектоида на объём-

ную диффузию азота. Указанное обстоятельство приводит к тому, что микротвёрдость феррита при диффузионном насыщении азотом увеличивается в 1,8-2,0 раза, а перлита – в 1,1 – 1,2 раза.

В структуре диффузионного слоя порошкового материала ПК80 содержится значительно меньшее количество γ'- и ε-фаз по сравнению с материалом ПК40, что объясняется усиливающимся влиянием цементита, способствующего меньшей интенсивности протекания процесса диффузии азота и, таким образом, меньшей его концентрации в поверхностном слое. Следует отметить, что количество γ'-фазы в изучаемом диапазоне пористости при её возрастании несколько увеличивается, однако увеличения микротвёрдости структурных составляющих практически не наблюдается. Увеличение продолжительности процесса обработки приводит к изменениям в расположении нитридных фаз: если на начальной стадии насыщения ε-фаза образуется в основном около пор и в незначительном количестве по границам ферритных зерен (рис. 4), то в дальнейшем наблюдается развитие нитридных фаз по границам ферритных и перлитных зерен и, в особенности, на поверхности пор (рис. 5).

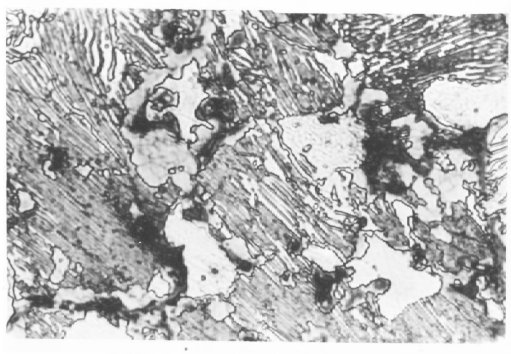


Рис.4. Микроструктура диффузионного слоя ПК80 после ХТО, t = 560 °С, τ = 30 мин, х1000

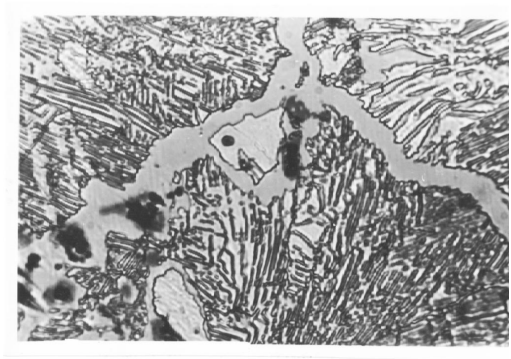


Рис.5. Микроструктура диффузионного слоя ПК80 после ХТО, t = 560 °С, τ = 120 мин, х1000

В медьсодержащих материалах в отличие от железных и железоуглеродистых наблюдается меньшее присутствие γ'-фазы в объёме ферритных зёрен, в то же время при повышении содержания меди отмечается интенсивное образование нитридных фаз на поверхности пор. Рентгеноструктурным анализом установлено, что при этом количество γ'-фазы существенно увеличивается. Если при диффузионном насыщении спечённого железа атомы азота, адсорбируемые на поверхности поровых каналов, интенсивно диффундируют в глубь зёрен, вследствие чего концентрация азота на поверхности пор не достигает предельной растворимости его в α-железе при температуре обработки и поэтому в объёме зёрен упрочнённого материала наблюдается γ'-фаза, то у медьсодержащих материалов наличие твёрдого раствора меди в феррите способствует значительному снижению интенсивности диффузии азота в объёме ферритных зёрен, и в результате образуется структура упрочнённого материала, характеризуемая наличием нитридной фазы на поверхности пор при малом её количестве в объёме зёрен материала. Увеличение пористости образцов способствует повышению содержания γ'-фазы в объёме зёрен, однако её количество всё же значительно меньше, чем при обработке железных материалов и сравнимо с содержанием γ'-фазы в железоуглеродистых материалах. Увеличение продолжительности процесса диффузионного насыщения железомедных материалов уменьшает количество нитридной γ'-фазы в структуре порошковых материалов и увеличивает количество высокоазотистой нитридной ε-фазы, образующейся непосредственно в процессе обработки. Указанная фаза располагается преимущественно на поверхности пор и по границам зёрен. Повышение содержания меди (до 5%) способствует появлению γ'-фазы в виде мелкодисперсных выделений (рис.6).

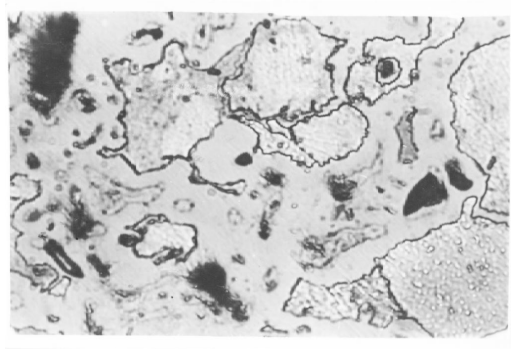


Рис. 6. Микроструктура дифференцированного слоя спеченного железа, легированного медью (5 %) после ХТО, t = 560 °С, τ = 120 мин, х1000

Изученные особенности структурообразования позволили разработать обобщающую схему формирования структуры и фазового состава порошковых материалов различного химического состава, представленную на рис.7 (железо - углерод) и 8 (железо - медь).

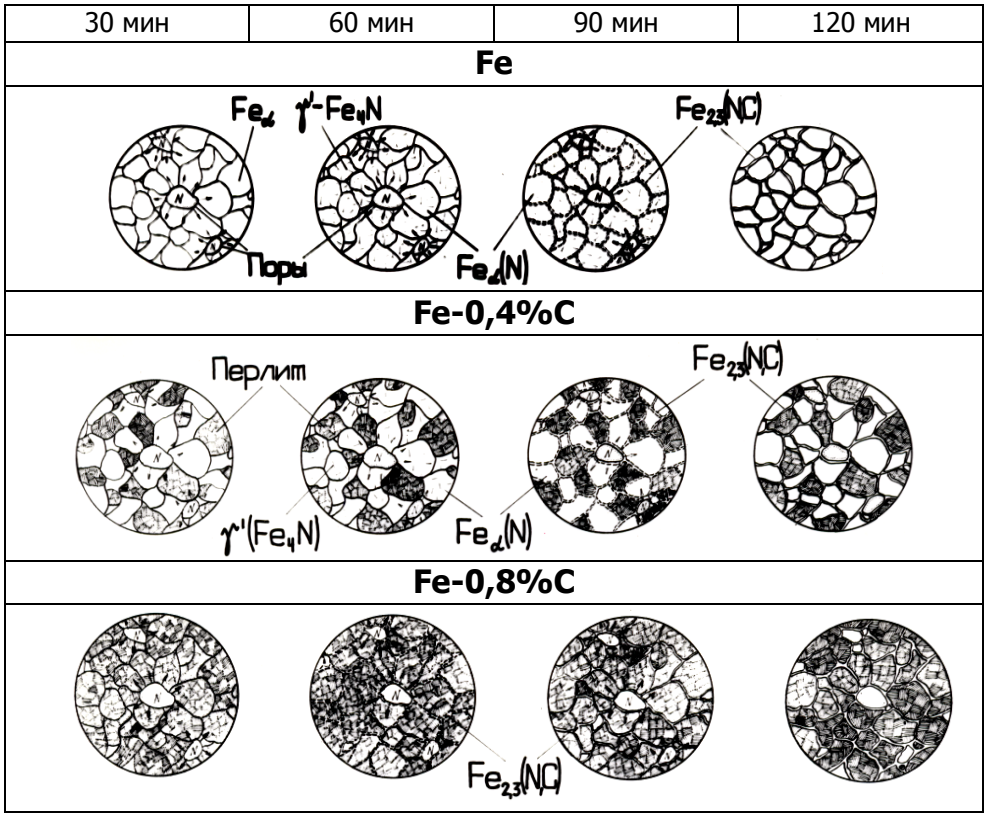


Рис.7. Схема формирования структуры диффузионного слоя железоуглеродистых материалов (показано влияние продолжительности процесса обработки)

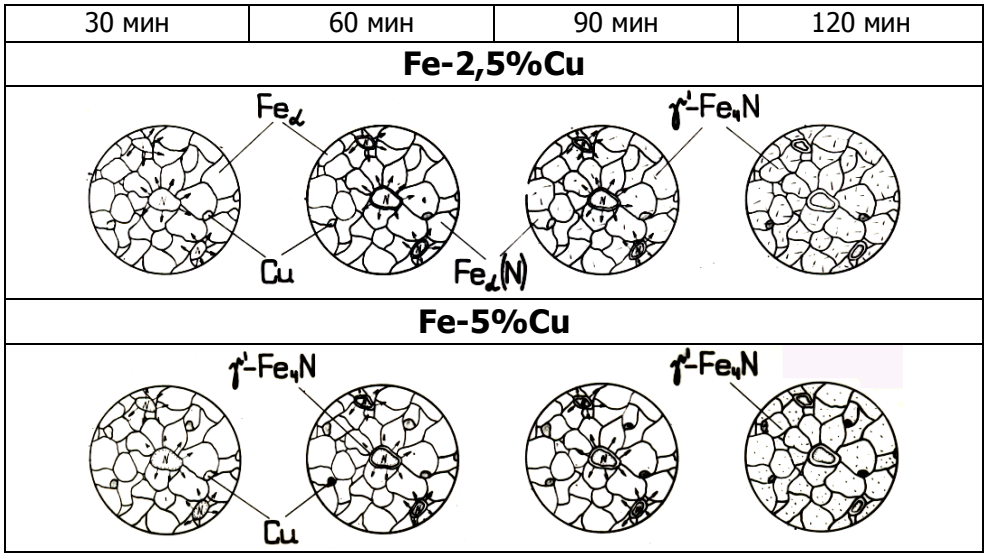


Рис.8. Схема формирования структуры диффузионного слоя железомедных материалов (показано влияние продолжительности процесса обработки)

Выводы. При диффузионном насыщении азотом и углеродом спеченного железа структура диффузионного слоя содержит α -твердый раствор азота, нитридную γ'-фазу в виде игл, расположенных в объеме ферритных зерен, γ'-фазу в виде отдельных включений, перлит. Повышение пористости материала способствует увеличению количества γ'-фазы вследствие большего насыщения азотом. Увеличение продолжительности процесса ХТО приводит к формированию высокоазотистой фазы в виде сплошного слоя на поверхности материала, а также на поверхности пор.

Увеличение содержания углерода (до 1 %) в порошковых материалах, подвергнутых низкотемпературному диффузионному насыщению азотом и углеродом, приводит к уменьшению количества γ' и γ'-фазы в структуре диффузионного слоя за счет тормозящего влияния цементита эвтектоида на процесс диффузии азота.

Легирование материалов медью приводит к формированию в диффузионном слое нитридной γ'-фазы преимущественно на поверхности пор в результате торможения диффузии азота. Повышение содержания меди (до 5%) способствует увеличению количества нитридной фазы вокруг пор и формированию ее в виде мелкодисперсных выделений в объеме зерен материала.

Библиографический список

1. Дрововозов Г.П., Савиных Л.М., Гуревич Ю.Г. Порошковые стали для конструкционных деталей. – Курганск: Изд-во КГУ, 2004. - 72с.

2. Приходько В.М., Петрова Л.Г., Чудина О.В. Металлофизические основы разработки упрочняющих технологий. - М.: Машиностроение, 2003. - 384 с.

3. Степанов М.С., Чуб С.Н., Григоров П.К. и др. Устройство для дозированной подачи жидкого карбюризатора при химико-термической обработке металлов. Патент РФ №1652374. Опубл. в Б.И., 2000, №8.

4. Степанов М.С. Аналитическое определение параметров низкотемпературной нитроцементации порошковых материалов // Термическая обработка стали (Теория, технология, техника эксперимента) / ДГТУ. – Ростов н/Д, 1998. - С.119-123.

5. Степанов М.С. Управление качеством технологического процесса низкотемпературной нитроцементации // Вестник ДГТУ. Сер. «Вопросы машиноведения и конструирования машин». – Ростов н/Д, 1999. - С.58-60.

Материал поступил в редакцию 02.11.06.

M.S. STEPANOV

THE STRUCTURE AND PHASE COMPOSITION OF A DIFFUSION LAYER OF ALLOYED PM STEEL AT LOWTEMPERATURE DIFFUSION SATURATION BY NITROGEN AND CARBON

Presented results of the diffusion processes research in alloyed Fe-base powdered steel at lowtemperature diffusion saturation by nitrogen and carbon. There was installed mechanism of the shaping structured-phase composition diffusion layer depending on contentses alloyed elements and spread of time processing.

СТЕПАНОВ Макар Степанович (р.1960), кандидат технических наук (1991), доцент (1999) кафедры «Технология технического регулирования». Окончил ДГТУ в 1982 году по специальности «Приборы точной механики».
Область научных интересов – химико-термическая обработка порошковых материалов; управление качеством обработки и изготовления материалов и изделий.
Имеет более 30 публикаций.

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.791

Ю.Г. ЛЮДМИРСКИЙ, М.В. СОЛТОВЕЦ, А.Н. ГРИЦЫНА

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СВАРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Сформулированы принципы организационно-технологического проектирования роботизированных технологических комплексов для изготовления крупногабаритных, пространственных, нежестких конструкций с большим количеством коротких швов. Рассмотрен алгоритм процесса проектирования роботизированных сварочных комплексов.

Ключевые слова: *качество сварных конструкций, организационно-технологическое проектирование, роботизация сварочных процессов.*

Введение. Целесообразность использования роботов для дуговой сварки конструкций, точность и жесткость которых достаточно высоки, не вызывает сомнений. Однако проблемы создания роботизированных технологических комплексов осложняются в тех случаях, когда дело касается изготовления с помощью роботов крупногабаритных, объемных, нежестких конструкций с большим количеством коротких угловых швов, различно расположенных в пространстве. Подобные конструкции типичны для многих отраслей машиностроения.

Большие размеры деталей, а значит, и допуски на их изготовление, значительные временные перемещения и остаточные деформации затрудняют получение с помощью неадаптивных роботов качественных сварных соединений и обеспечение требуемой точности конструкций. Одним из эффективных решений этой проблемы является создание роботизированных технологических комплексов (РТК), включающих в себя, помимо сварочных роботов, сборочно-сварочную оснастку, манипуляторы изделия и другое вспомогательное оборудование. К сожалению, РТК чаще всего приходится создавать для конструкций, спроектированных без учёта специфики роботизированной сварки.

Для уменьшения риска неудач на всех стадиях создания РТК для дуговой сварки приходится параллельно решать целый комплекс взаимосвязанных проблем. Для этого был разработан процесс организационно-технологического проектирования (ОТП).

Формулирование принципов организационно-технологического проектирования. Организационно-технологическое проектирование предполагает одновременное рассмотрение различных аспектов создания РТК и выполнение следующих работ:

- адаптация конструкции изделия под роботизированную сварку;
- разработка нескольких альтернативных вариантов технологического процесса сборки и сварки изделия;
- выбор и обоснование схем базирования сборочных единиц;
- выбор компоновки РТК;
- оценка возможности качественной сборки и получения сварных соединений, отвечающих требованиям технической документации;
- выбор приёмов, уменьшающих сварочные деформации до уровня, обеспечивающего получение качественных соединений и требуемой точности изделия;
- оценка производительности РТК и себестоимости изделия;
- обоснование системы технического обслуживания РТК;
- выбор наилучшего из рассмотренных вариантов.

Результаты этого проектирования являются исходными данными при разработке технического задания на создание РТК. Наш опыт создания РТК показывает, что в процессе организационно-технологического проектирования к рассмотрению вышеуказанных вопросов приходится возвращаться неоднократно, в том числе и на стадиях отладки и ввода РТК в эксплуатацию. Алгоритм процесса организационно-технологического проектирования представлен на рисунке. Инструментами, необходимыми для многократного решения проблем, возникающих на разных стадиях создания РТК, являются три модели: модель оценки качества сварных соединений (модель 1), модели оценки производительности РТК (модель 2) и себестоимости изготовления изделия (модель 3) [1-5]. Модели представлены в алгоритме в виде шестигранных блоков. В статье основное внимание уделено техническим аспектам данного процесса.

Ниже приведены основные принципы организационно-технологического проектирования, сформулированные авторами на основе многолетнего опыта создания РТК для изготовления сложных пространственных нежестких сварных конструкций с большим количеством коротких швов, различно расположенных в пространстве.

1. Рациональное расчленение конструкции на технологические сборочные единицы, обеспечивающие:

1.1 - доступность и досягаемость горелкой сварных швов;

1.2 - возможность поэтапной сборки изделия методом последовательного наращивания;

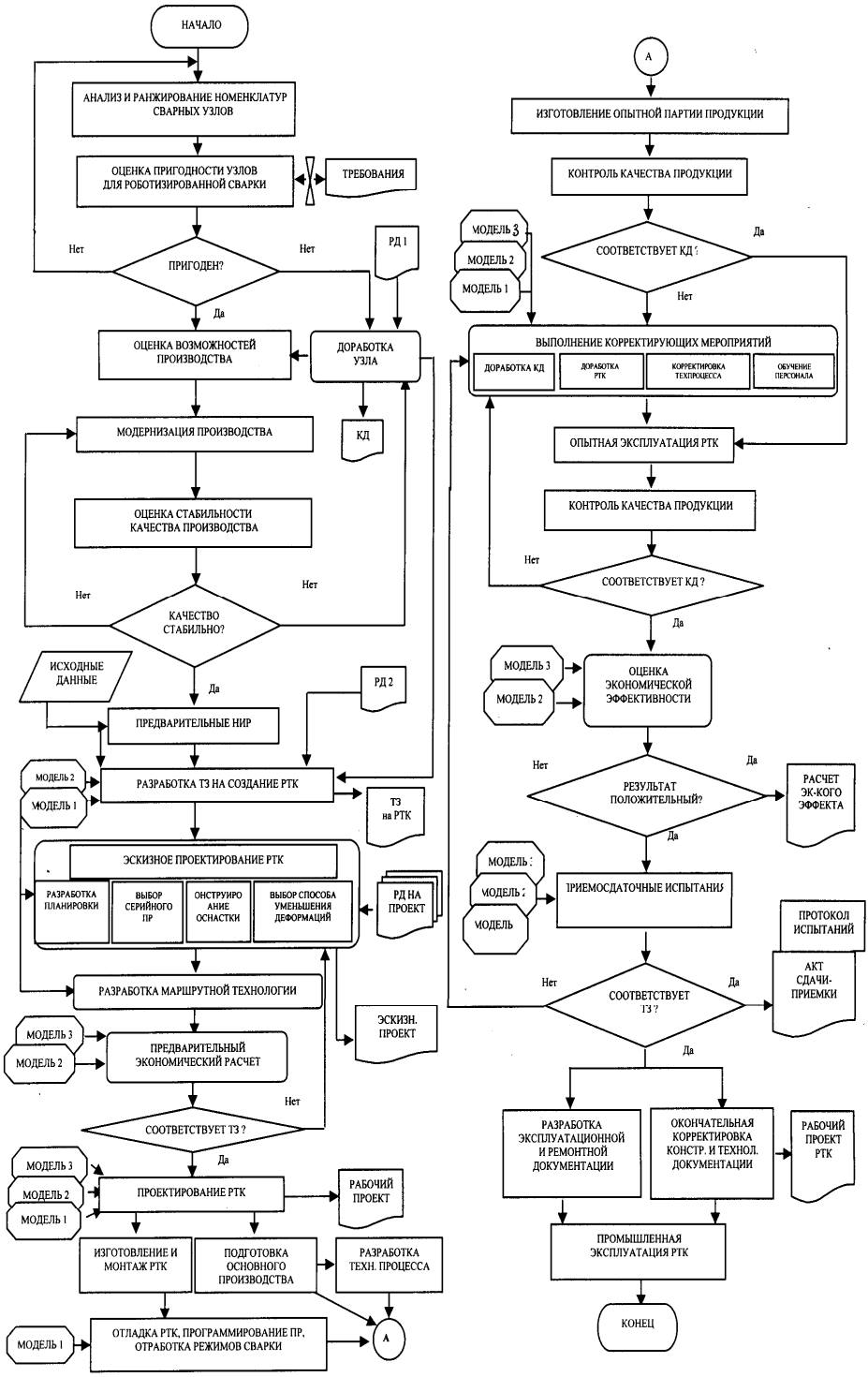
1.3 - требуемое качество сварных соединений и конструкции в целом;

1.4 - рациональную последовательность выполнения сварных швов;

1.5 - возможность беспрепятственно сокращаться металлу сварных соединений, не вызывая в целом искажения формы конструкции;

1.6 – возможность сварки без кантовки в удобном для сварки положении;

1.7 – возможность сварки в напряжённом состоянии, при которой уменьшаются остаточные сварочные деформации.



Алгоритм процесса организационно-технологического проектирования

2. Назначение системы базирования собираемых элементов, обеспечивающей максимальную точность расположения свариваемых кромок, а именно:

2.1- введение дополнительных баз при сборке длинномерных нежестких деталей или деталей с большим разбросом размеров и формы;

2.2- оптимальное расположение баз и возможность их регулирования в направлении, компенсирующем будущие сварочные деформации;

2.3 - уменьшение при базировании количества деталей, определяющих размеры и форму изделия;

2.4 - назначение базовых поверхностей оснастки, совпадающих с базовыми поверхностями деталей;

2.5 - придание нежёстким элементам конструкции требуемой формы в сборочно-сварочной оснастке путем их закрепления в жёстком приспособлении;

2.6 – использование приёма установки деталей «по ножам», которые обеспечивают точное расположение стыка в пространстве и величину зазора в стыке, равную толщине ножа;

2.7 - использование приёма смены баз, который устраняет влияние временных и остаточных деформаций на качество сварных соединений;

2.8 - использование соединений и установочных элементов типа пазов, отверстий и выступов, обеспечивающих самоустановку собираемых деталей, их надёжную и стабильную фиксацию друг относительно друга.

3. Использование приемов конструирования сварных соединений, позволяющих минимизировать и рационально распределять объем наплавленного металла с целью уменьшения величины сварочных деформаций, а именно:

3.1- учёт фактической глубины проплавления, равной катету шва при расчете прочности тавровых и нахлесточных соединений, выполняемых тонкими проволоками (∅ 1,0 или 1,2 мм) на повышенных плотностях тока;

3.2 - выполнение сварных угловых швов расчетных размеров с минусовыми допусками;

3.3 - назначение переменных минимально необходимых объёмов наплавленного металла по длине швов с учётом характера распределения напряжений в соединениях;

3.4 - назначение типов сварных соединений, обеспечивающих максимальную технологичность их выполнения при роботизированной сварке;

3.5 - замена в тавровых соединениях двусторонних угловых швов на односторонние при условии полного проплавления стенки, что уменьшает объём наплавленного металла, трудоемкость изготовления и существенно упрощает конструкцию сборочно-сварочной оснастки;

3.6 - замена нахлёсточных и тавровых соединений, выполняемых двусторонними угловыми швами на прорезные или проплавные с целью уменьшения угловых деформаций и трудоёмкости изготовления;

3.7 - замена нахлёсточных соединений с двумя лобовыми швами на соединения с одним прорезным и одним лобовым швами с их выполнением в последовательности, обеспечивающей сварку с одной стороны, повышение прочности и уменьшение деформаций;

3.8 - использование при сварке стыковых швов поперечных колебаний электрода с целью снижения требований к точности его позиционирования;

3.9 - проектирование конструкций с уравновешиванием сил и моментов, создаваемых усадкой швов;

3.10 - назначение размеров заготовок с учётом последующей сварочной усадки;

3.11 - проектирование с возможностью правки конструкции после сварки.

4. Использование технологических приемов, уменьшающих сварочные деформации, а именно:

4.1 - назначение режимов сварки с минимальной погонной энергией;

4.2 - использование жёсткой сборочной оснастки;

4.3- смещение швов на толстостенные, жёсткие элементы в соединениях деталей разной толщины;

4.4 - предварительное пластическое деформирование деталей, создающее перемещения, противоположные ожидаемым при сварке;

4.5 - искусственное охлаждение сварных соединений, уменьшающее зону пластических деформаций;

4.6 - сборка с учётом будущих сварочных деформаций;

4.7- создание в зоне сварки напряжений, обратных сварочным по величине и знаку;

4.8 - приложение к изделию активных сил, вызывающих в элементах конструкции деформации, обратные сварочным;

4.9 - сварка тавровых соединений «на спуск» или в симметричную лодочку, позволяющая получать нормальные или вогнутые швы;

4.10 - сварка в несимметричную лодочку, позволяющая регулировать соотношение катетов, получать наибольшую глубину проплавления, совпадающую с расчётным сечением шва.

Заключение. Использование предложенных нами принципов организационно-технологического проектирования позволило создать ряд роботизированных сварочных комплексов для сварки сложных сварных конструкций, обеспечивающих требуемое качество изделий в сочетании с достаточной их эффективностью в эксплуатации.

Библиографический список

1. Тимченко В.А., Дубовецкий С.В., Федотов П.Ф., Гурский К.П. Методика определения допустимого отклонения линии соединения от заданного положения при сварке // Автоматическая сварка. – 1988. - №4. - С. 32-35.

2. Куркин Н.С, Дриккер В.Е. Оценка предельных отклонений при дуговой роботизированной сварке тавровых соединений // Сварочное производство. - 1989. - №2. - С.8-10.

3. Людмирский Ю.Г., Солтовец М.В., Юрова С.А. Условия обеспечения качественных сварных соединений при дуговой сварке неадаптивными роботами. // Сварные конструкции и технология их изготовления: Сб. науч. ст. / Издательский центр ДГТУ. - Ростов н/Д. - 1998. – С.55-67.

4. Людмирский Ю.Г. Роботизация производства маложёстких сварных конструкций / СКНЦ ВШ. - Ростов н/Д. 2002. – 139 с.

5. Людмирский Ю.Г., Лукьянов В.Ф., Жак С.В. Имитационная модель прогнозирования качества сварных соединений при их выполнении неадаптивными роботами // Вестник ДГТУ. - Том 6. - №4. – С.301-310.

Материал поступил в редакцию 30.10.05.

U.G. LUDMIRSKIY, M.V. SOLTOVETS, A.N. GRITSYNA

PRINCIPLES OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL DESIGNING OF THE ROBOTIZED WELDING COMPLEXES

In our work we form the principles of organizational and technological design of robotized technological complexes for manufacturing large-scale, non-rigid, spatial structures with great number of short-length welding joints. The algorithm of design process is also considered.

ЛЮДМИРСКИЙ Юрий Георгиевич (р 1940), доктор технических наук (2002), профессор кафедры «Машины и автоматизация сварочного производства» Донского государственного технического университета. В 1962 году окончил Ростовский-на-Дону институт сельхозмашиностроения по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». В 1973 г. в МВТУ им. Н.Э. Баумана защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Научные интересы лежат в области роботизации сварочного производства, разработки способов снижения сварочных деформаций, напряжений и повышения работоспособности сварных конструкций.
Опубликовал более 100 работ.

СОЛТОВЕЦ Марат Васильевич (р. 1942), доцент, кандидат технических наук (1984), работает на кафедре «Технологии технического регулирования» Донского государственного технического университета. В 1969 году окончил Ростовский-на-Дону институт сельхозмашиностроения по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». В 1973 г. в МВТУ им. Н.Э. Баумана защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук.
Научные интересы лежат в области роботизации сварочного производства, исследования работоспособности сварных соединений, работающих в коррозионных средах, разработки систем качества.
Опубликовал более 80 работ.

ГРИЦЫНА Александр Николаевич (р. 1983), инженер, работает на кафедре «Машины и автоматизация сварочного производства» Донского государственного технического университета. В 2005 году окончил Ростовский-на-Дону государственный технический университет по специальности «Оборудование и технология сварочного производства».
Научные интересы лежат в области автоматизации и роботизации сварочного производства.
Опубликовал 2 работы.

УДК 621.38

В.Н.АНАНЧЕНКО, А.И.АНАНЧЕНКО, И.К.ЦЫБРИЙ, В.В.ГОЛОВКИН

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ КРИВОЛИНЕЙНОГО ПРОФИЛЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

В статье приведены результаты построения математической модели процесса формообразования криволинейного профиля при шлифовании как динамической преобразующей системы с учетом нелинейности операторов преобразования и нестационарных случайных воздействий.
Ключевые слова: *математическая модель, динамика формообразования, имитационное моделирование.*

Введение. Конечной целью точностного анализа обработки является синтез оптимальной стратегии управления технологическим процессом, учитывающей производительность при заданной или максимально достижимой точности, и реализация управления на конкретном технологическом оборудовании. При решении этой задачи возникает необходимость построения математической модели реального технологического процесса, количественно связывающей выходные переменные: погрешности размера, формы и т.д. - с такими входными конструктивными и технологическими факторами, как номинальный профиль, режим обработки, припуск и твердость заготовки, износ шлифовального круга, силовые и температурные деформации и другие [1,2].

Обоснование класса модели. Известны различные подходы к выбору класса модели. Так, при анализе точности массового производства распространены регрессионные модели, статистически связывающие причины погрешностей - входные факторы со следствиями - соответствующими отклонениями размеров [3,4]. Однако эти модели лишь формально отражают реальные процессы, происходящие при обработке, отвлекаясь от конкретного механизма влияния входных и управляющих переменных на составляющие суммарной погрешности обработки. Они работоспособны при анализе массового производства с циклом обработки отдельной детали, значительно меньшим постоянной времени тепловых, силовых деформаций, износа и изменения режущих свойств шлифовального круга и других динамических процессов в системе.

В связи с этим целесообразно построение математической модели процесса обработки как динамической преобразующей системы. В работах [5-7] развиты методы идентификации, основанные на экспериментальном изучении и сопоставлении входных и выходных переменных. Связь между векторами выходной $y(t)=\{y_1(t),...,y_n(t)\}$ и входной $U(t)=\{U_1(t),...,U_m(t)\}$ функциями определяется линейным интегральным оператором

$$y(t) = \int_0^t G(t, \tau)U(t)dt \quad , \qquad (1)$$

где G(t,т) - матрица весовых функций многомерной линейной системы, имеющей m входов и n выходов, с компонентами g_{kh}(t,т), (k = 1, …, n; h = 1, …, m).

При синхронно полученных реализациях входных и выходных переменных оценки весовых функций G(t,т) получаются на основе решения интегрального уравнения (1). Рассматриваемый метод целесообразно применять для количественной оценки и установления функциональных связей при исследовании точности формообразования стационарных и стационарно-связанных процессов обработки. Метод имеет ограничения при идентификации динамической системы процесса контурного шлифования. Эти ограничения заключаются в том, что при подборе вида весовой функции не выделяются динамические характеристики отдельных структурных звеньев преобразующей системы, выходные и входные случайные функции предполагаются стационарными и стационарно-связанными и обладающими эргодическими свойствами. Кроме этого, осуществляемая линеаризация нелинейностей приводит к изменению весовой функции системы при различных входных и управляющих воздействиях [8].

Производство крупногабаритных сложнопрофильных деталей, являясь многономенклатурным единичным или мелкосерийным, характеризуется циклом обработки, значительно превышающим постоянные времени динамической преобразующей системы технологического процесса. Это вызывает необходимость разработки и применения качественно новых методик построения динамической системы технологического процесса обработки криволинейных поверхностей с учетом нелинейности операторов преобразования и нестационарных случайных воздействий.

Методика построения математической модели формообразования криволинейной поверхности. Динамическая преобразующая система технологического процесса в общем случае является существенно нелинейной из-за изменения угла давления и, соответственно, условий резания вдоль обрабатываемого профиля. Структуру формообразования рабочей поверхности, например, при шлифовании можно представить как динамическое взаимодействие упругой системы станка, процесса резания, системы программного управления и управляющего контроля.

Передаточные функции отдельных структурных звеньев определяются экспериментально или по аналогам и приводятся к типовым. Взаимосвязи между такими структурными звеньями, как упругая система, процесс резания, система программного управления, находятся на основе анализа схемы обработки и конструкции станка; управляющие воздействия принимаются произвольные из области допустимых; предусматриваются входы для таких случайных и функциональных технологических погрешностей, как износ шлифовального круга, температурные деформации, погрешности измерительных преобразователей.

Преобразование, осуществляющееся при обработке криволинейной поверхности, можно представить как оператор Z:

$$\Delta R(\varphi, t) = Z\{\Delta R(\varphi, t - t_{об}), S(t), R_{н}(\varphi), N(t), t\}. \quad (2)$$

S(t) представляет собой вектор управляющих переменных, формируемых программно или на основе анализа состояния обработки системой управляющего контроля:

$$S(t) = \begin{vmatrix} S(t, \Gamma) \\ \omega(t, \Gamma) \end{vmatrix}, \quad (3)$$

где $S(t,\Gamma)$, $\omega(t,\Gamma)$ - радиальная и тангенциальная подача; Г - информативные параметры, на основе анализа которых формируются управляющие воздействия; $R_н(\varphi)$- номинальный профиль поверхности; $\Delta R(\varphi,t)$ - погрешность профиля после обработки в течение времени t, определяемая как отклонение действительного центроидного профиля от номинального на угле φ, перед обработкой $\Delta R(\varphi,0)$ представляет припуск заготовки; N(t) - вектор случайных факторов, вызывающих технологические погрешности: износ шлифовального круга, тепловые деформации, колебание твердости обрабатываемой поверхности и т.д.

Оператор преобразования можно описать нелинейным дифференциальным уравнением

$$\dot{U} = F(t, U, x) + B(t, x)S(t, U), \quad (4)$$

где U - n-мерный вектор фазовых координат в пространстве состояний системы; F(t,U,x) - нелинейная вектор-функция, зависящая от времени и вектора параметров динамической системы; B(t,x) - матрица коэффициентов влияния составляющих вектора управления S(t,U).

В результате формируется вычислительная схема, по которой при заданных параметрах X и управлении S при известной входной переменной - припуске $\Delta R(\varphi,0)$ можно получить оценку погрешности профиля $\Delta R_т(\varphi,t)$ при обработке в течение времени t.

Аналитическая оценка процесса резания. В процессе обработки профиль криволинейной поверхности формируется режущей кромкой шлифовального круга, контактирующей в данный момент с обрабатываемой деталью. С целью описания процесса формообразования обрабатываемой поверхности строится система координат XOY, привязанная к технологическим базам детали, и выводится уравнение движения шлифовального круга в этой системе координат.

Центр шлифовального круга опишет центроидный профиль обрабатываемой поверхности, а действительный профиль ρ(θ) реализуется как огибающая к семейству окружностей, представляющих режущую поверхность круга при его движении относительно детали (рис.1).

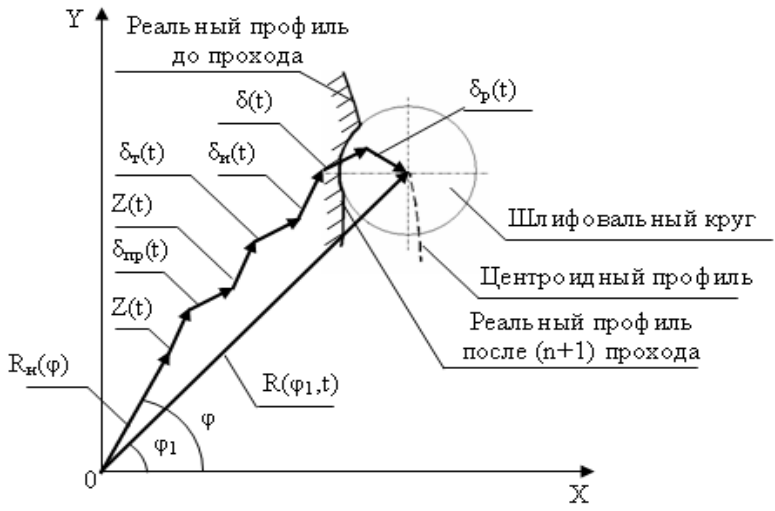


Рис.1. Формирование криволинейного профиля в процессе шлифования

Уравнение размерной цепи центрового профиля в векторной форме записывается в виде

$$\vec{R}(\varphi_1) = \vec{R}_{пр}(\varphi) + \vec{S}(t) + \vec{\delta}_т(t) + \vec{\delta}_и(t) + \vec{\delta}(t) + \vec{\delta}_Р(t), \quad (5)$$

где $\vec{R}_{пр}(\varphi)$ - перемещение, заданное системой программного управления; $\vec{S}(t)$ - статическая подача, определяемая как разность радиусов- векторов центра шлифовального круга и минимального центрового профиля в статике, т.е. при отсутствии детали на позиции обработки, а следовательно, отсутствии процесса резания и связанных с ним деформаций СПИД; $\vec{\delta}(t)$ - упругая деформация шпиндельной группы, вызванная силами резания; $\vec{\delta}_т(t)$ - температурная деформация технологической системы; $\vec{\delta}_р(t)$ - силовая деформация технологической системы; $\vec{\delta}_и(t)$ - износ режущего инструмента; φ- угол поворота изделия на позиции обработки, определяемый при угловой скорости ω(t) по формуле

$$\varphi(t) = \int_0^t \omega(t)dt \quad . \quad (6)$$

Угловая координата φ_1 точки обработки не совпадает с углом поворота φ из-за неколлинеарности векторов упругой деформации $\vec{\delta}(t)$, температурной деформации $\vec{\delta}_т(t)$ и т.д., а также радиус-вектора $\vec{R}_{пр}(\varphi)$. Если рассматривать $R^{(n)}(\varphi)$ и $R^{(n+1)}(\varphi)$ как радиус-вектор центрового профиля до и после прохода шлифовального круга, то смещение центрового профиля в направлении радиус-вектора выразится как

$$l^{(n+1)}(\varphi_1) = R^{(n)}(\varphi_1) - R^{(n+1)}(\varphi_1)\cdot \quad (7)$$

Считая, что $R^{(n)}(\varphi_1) = R_H(\varphi_1) + \Delta^{(n)}(\varphi_1)$, где $\Delta^{(n)}(\varphi)$ - припуск на обработку по центровому профилю после n-го прохода с учетом соотношения (5), получим

$$\bar{l}^{(n+1)}(\varphi_1) = \bar{\Delta}^{(n)}(\varphi_1) - \bar{S}^{(n+1)}(t) - \bar{\delta}_T(t) - \bar{\delta}_И(t) - \bar{\delta}(t) - \bar{\delta}_P(t). \quad (8)$$

Задающее воздействие системы программного управления можно представить как сумму номинального воздействия $R_н(\varphi)$, погрешности воспроизведения программы $Z(t)$ и силовой деформации $\delta_{пр}(t)$, вызванной процессом резания:

$$\bar{R}_{ПР}(\varphi) = \bar{R}_{Н}(\varphi) + \bar{Z}(t) + \delta_{ПР}(t). \quad (9)$$

Тогда выражение (8) можно записать в виде

$$\bar{l}^{(n+1)}(\varphi_1) = \bar{\Delta}^{(n)}(\varphi_1) - \left[\bar{S}^{(n+1)} + \bar{Z}(t) + \bar{\delta}_{пр}(t) + \bar{\delta}(t) + \bar{\delta}_T(t) + \bar{\delta}_И(t) + \bar{\delta}_p(t)\right] - \left[\bar{R}_H(\varphi) - \bar{R}_H(\varphi_1)\right]. \quad (10)$$

Если обозначить припуск на обработку заготовки как $R(\varphi,0)$, то после (n+1)-го прохода припуск

$$\Delta^{(n+1)}(\varphi) = \Delta^{(n)}(\varphi) - l^{(n+1)}(\varphi) = \Delta(\varphi,0) - \sum_{i=1}^{n+1} l^{(i)}(\varphi). \quad (11)$$

Однако в размерной цепи, определяющей положение центра шлифовального круга, отсутствует радиус круга, влияющий на погрешность обработки, и глубина резания, определяющая деформации системы. Эти параметры можно учесть, если рассмотреть положение системы координат η, 0_1, ξ, построенной в точке контакта режущей кромки шлифовального круга и реальной поверхности (рис.2).

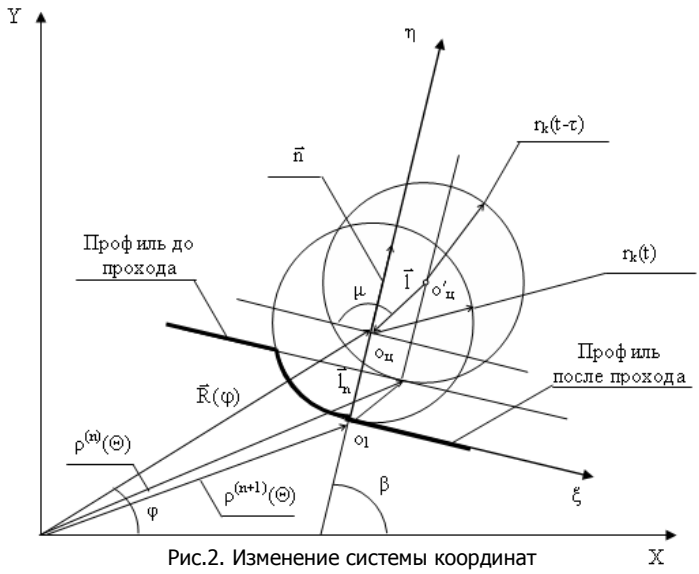


Рис.2. Изменение системы координат

Ось 0_1,η проведем через центр круга $0_ц$; тогда она будет совпадать с нормалью к обрабатываемой поверхности, и ее направляющие косинусы в системе ХОУ определяются как

$$\vec{n} = \{\cos\ \beta\,;\ \sin\ \beta\} = \{\sin\ (\mu + \varphi\ );\ \cos\ (\mu + \varphi\ )\}. \quad (12)$$

Угол μ между радиус-вектором и касательной к поверхности вычисляется по формуле

$$\mathrm{tg}\mu = R(\varphi)/R^{1}_{\varphi}(\varphi). \quad (13)$$

Обозначив $\rho^{(n)}(\Theta)$ и $\rho^{(n+1)}(\Theta)$ - векторы точек реальной поверхности на n и (n+1) проходах соответственно, глубину резания по нормали к поверхности можно определить как проекцию разности этих векторов на $\vec{n}$:

$$l^{(n+1)}_{n} = \vec{n}\left[\bar{\rho}^{(n)}(\Theta) - \bar{\rho}^{(n+1)}(\Theta)\right]. \quad (14)$$

Реальная поверхность является эквидистантой для центроидной, поэтому

$$\rho^{(n)}(\Theta) = A\{R^{(n)}(\varphi)\};$$
$$\rho^{(n+1)}(\Theta) = A\{R^{(n+1)}(\varphi)\}.$$

Динамическая характеристика упругой системы станка. Расчету динамической характеристики упругой системы станка посвящен ряд работ [9-11], в которых с достаточной степенью приближения разработаны типовые расчетные схемы. Числовые параметры уравнений движения определяются в результате экспериментальных исследований методами идентификации. Упругие перемещения рассмотрены в системе XO_3Y, связанной с центром шлифовального круга и повернутой относительно XOУ на угол φ. Тогда перемещения X и У шлифовального круга под действием радиальной P_n и тангенциальной P_τ сил резания определяются из уравнений:

$$M_X \cdot \ddot{X} + H_X \cdot \dot{X} + C_X \cdot X = P_n \sin\mu - P_\tau \cos\mu; \quad (15)$$

$$M_Y \cdot \ddot{Y} + H_Y \cdot \dot{Y} + C_Y \cdot Y = P_n \cos\mu - P_\tau \sin\mu.$$

Здесь M_x, M_y, H_x, H_y, C_x, C_y - приведенные параметры, характеризующие массу, демпфирование и жесткость по соответствующим осям координат.

Вектор упругой деформации шпиндельной группы, вызванной силами резания в системе XO_3Y: $\delta = \{x;y\}$.

Так как матрица перехода от $X0_3Y$ к X0Y с точностью до переноса имеет вид

$$\left\| \begin{matrix} \cos\ \varphi\,;\ -\ \sin\ \varphi \\ \sin\ \varphi\,;\ \ \cos\ \varphi \end{matrix} \right\|,$$

то в системе XOУ вектор упругой деформации шпиндельной группы

$$\delta = \left\| \begin{matrix} \cos\ \varphi\,;\ -\ \sin\ \varphi \\ \sin\ \varphi\,;\ \ \cos\ \varphi \end{matrix} \right\| \left\| x;\ y \right\|. \quad (16)$$

Динамические характеристики системы программного управления. Из рассмотрения различных методов программного управления можно заключить, что они в основном разделяются на две группы: использующие

в качестве программоносителя реальную физическую модель, как, например, копир, и реализующие программу управления как алгоритм, в частности, ЧПУ. Каждая группа имеет свои преимущества и недостатки. Так, при реализации программного управления как алгоритма функционирование подчинено принципу "как сделать" [12], при этом контролю подлежит не качество обработки, а правильность выполнения инструкций программы. Случайные и систематические факторы, неизбежно сопутствующие технологическому процессу обработки, ведут к росту погрешностей обработки и нарушению режимов резания. Особенно существенны эти недостатки на таких финишных операциях, как шлифование криволинейных поверхностей, так как в этом случае увеличение подачи или сбой на каком-либо участке профиля ведет к превышению допустимой силы резания, что вызывает такие дефекты поверхности, как прижоги, или система может стать неработоспособной: мощности резания не хватит для снятия заданного слоя металла и круг потеряет режущую способность. В определенной мере компенсируются эти недостатки введением обратных связей по действительным размерам обрабатываемой поверхности и по параметрам процесса резания, что придает системе программного управления возможность адаптироваться к изменяющимся условиям обработки и повысить эффективность и, главное, надежность процесса обработки.

В то же время методы программного управления, использующие физические модели, такие как копир, обеспечивают охват программоносителя обратной связью, т.е. осуществляют текущий контроль выполнения программы. Это свойство системы ПУ существенно в единичном и мелкосерийном производстве крупногабаритных сложнопрофильных деталей, при изготовлении которых брак должен быть полностью исключен и настроечные проходы, а тем более обработку контрольных деталей осуществить невозможно. Оба метода находят в настоящее время достаточно широкое применение.

Задающее воздействие $R_н(t)$ определяется программой и скоростью протяжки программы $\omega(t)$.

Управляющее устройство сравнивает действительное перемещение бабки изделия $R_п(t)$ и заданное программой $R_н(t)$ и регулирует положение исполнительного механизма:

$$z(t) = R_н(t) - R_п(t). \qquad (17)$$

Нагрузкой служит сила G, являющаяся проекцией сил резания на радиус-вектор центроидного профиля, приведенных к оси штока силы сухого и вязкого трения. Масса M складывается из массы бабки изделия, штока с поршнем и жидкости в рабочем объеме. Тогда уравнение сил запишется:

$$(P_1 - P_2)F - G = M\,\ddot{R}_{пр.} + \mathrm{sign}\left(\dot{R}_{пр.}\right)\Gamma + f\,\dot{R}_{пр.}, \qquad (18)$$

где f - коэффициент вязкого трения.

Уравнение расходов рабочей жидкости:

$$Q_{u} = Q_{n} + Q_{YT} + Q_{D}. \qquad (I9)$$

Расход, идущий на перемещение поршня:

$$Q_{n} = F\dot{R}_{пр.}. \qquad (20)$$

Расход, идущий на утечки в уплотнениях поршня, зависит от зазоров в сопряжении поршень - цилиндр и от разности давлений в полостях гидроцилиндра. Так как зазоры в посадке поршня в гильзе цилиндра при диаметре до 125 мм не превышают 20 мкм, можно считать, что скорость течения жидкости ниже критической и имеет ламинарный характер и поэтому расход пропорционален перепаду давления:

$$Q_{УТ.} = K_{УТ}(P_1 - P_2). \qquad (21)$$

Расход $Q_D = \frac{d}{dt}(\Delta W_{ц})$ идет на компенсацию объемной деформации жидкости, трубопроводов от золотника до цилиндра и самого цилиндра. Жесткость гидроцилиндра как силового элемента, воспринимающего внешние нагрузки, на порядок выше сжимаемости жидкости [13]. По данным [14], средняя величина объемного коэффициента сжатия βw = 0,000052-0,000075 при давлениях до 10 МПа для масел, применяемых в станочных гидроприводах. Для масел марки "Индустриальное—20" или "Турбинное—22" при нормальных условиях работы принимают объемный модуль упругости

$$E_{м} = \frac{1}{\beta} \approx 1{,}6 \cdot 10^{5} \frac{МПа}{см}.$$

Тогда расход, идущий на деформацию, можно принять:

$$Q_{УТ} = \frac{d}{dt}\left(W\frac{P_1 - P_2}{E_{м}}\right) = K_{Ц}\frac{d}{dt}(P_1 - P_2), \qquad (22)$$

где коэффициент упругости цилиндра $K_{ц} = W_{ц}/E_{м}$.

С учетом этих выражений уравнение расхода (19) можно написать в виде

$$Q_{И} = F\dot{R}_{пр} + K_{УТ}P + K_{Ц}\dot{P}. \qquad (23)$$

Величина силы сухого трения определяется давлением при перемещении поршня цилиндра на холостом ходу. По данным [14], для цилиндров с диаметром поршня 90-180 мм оно составляет не более 0,2 Н и им можно пренебречь. Тогда, исключая из уравнений (18) и (23) величину разности давлений $P = P_1 - P_2$, после преобразований получим:

$$\frac{K_{Ц}M}{F^2 + K_{УТ}f}\dddot{R}_{n} + \frac{K_{УТ}M + K_{Ц}f}{F^2 + K_{УТ}f}\ddot{R}_{n} + \dot{R}_{n} = \frac{F}{F^2 + K_{УТ}f}Q - \frac{1}{F^2 + K_{УТ}f}(K_{Ц}G - K_{УТ}G) \qquad (24)$$

или в операторной форме

$$\left(T_1^2 p^2 + T_2 p + 1\right) p R_{пр} = K_v G - K_G \left(T_3 p + 1\right) G, \qquad (25)$$

где k_v - коэффициент усиления по скорости; T_1 - постоянная времени гидроцилиндра; T_2 - коэффициент демпфирования; T_3 - постоянная времени внешних нагрузок; k_G - коэффициент влияния внешних нагрузок.

Элементом сравнения в гидравлической следящей системе является управляющий золотник. В работе [13] принята статическая характеристика управляющего четырехщелевого золотника с радиальным зазором между золотником и корпусом, равным нулю, и прямоугольной формой рабочих щелей длиной b в виде

$$Q = \mu b \sqrt{\frac{p_H}{\rho}} \left[\left(h_0 + z\right) \sqrt{1 - \frac{p}{p_H}} - \left(h_0 - z\right) \sqrt{1 + \frac{p}{p_H}} \right], \qquad (26)$$

где μ - коэффициент расхода; ρ - плотность рабочей жидкости; P - подведенное давление.

Уравнение выведено в предположении, что перемещение золотника не превышает максимального зазора h_0. При больших перемещениях наступает стабилизация расхода на уровне

$$Q_{max} = 2\mu b h_0 \sqrt{\frac{p_H}{\rho}\left(1 - \frac{p}{p_H}\right)}. \qquad (27)$$

Для линеаризации характеристики уравнение (25) целесообразно представить в виде степенного ряда. Считая, что отклонения от положения равновесия малы, в области линейности статическая характеристика золотника имеет вид $Q = k_Z - k_p$, где $k_Z = 2b\mu\sqrt{P_н/\rho}$ - усиление золотника по перемещению; $k_P = b\mu h_0 \sqrt{P_н/\rho}$ - усиление золотника по давлению. Учитывая выражение (18), можно переменную P исключить и получить следующую зависимость для расхода золотника:

$$Q = K_z Z - \frac{K_P}{F}\left(M\ddot{Z} + f\dot{Z} + G\right) \qquad (28)$$

или в операторной форме:

$$Q = \left(\frac{K_P M}{F} p^2 + \frac{K_P f}{F} p + K_Z\right) Z - \frac{K_P}{F} G \ . \qquad (29)$$

Передаточная характеристика (28) управляющего золотника введена в предположении, что рассогласование Z не выходит из области линейности, т.е. расход не достигает максимального и отсутствуют нагрузки типа сухого трения, ведущие к образованию зоны нечувствительности. Как показали экспериментальные исследования, характеристика реального управляющего золотника имеет насыщение при рассогласовании Z≈0,15 мм и зону нечувствительности b = (0,01-0,15) мм. В соответствии с

этим характеристику зависимости Q(z,P) для реального золотника можно представить в виде:

$$Q(z,P)=\begin{cases} Q_{max}=K_z(Z_{max}-b)-K_P P_{max} & (K_Z Z-K_P P)\ge K_Z Z_{max} \\ K_Z(z-b)-K_P P & K_Z b\le(K_Z Z-K_P P)<K_Z Z_{max} \\ 0 & |K_Z Z-K_P P|\le K_Z b \\ K_Z(z+b)-K_P P & -K_Z Z_{max}<(K_Z Z-K_P P)<K_Z b \\ Q_{max}=K_z(Z_{max}+b)-K_P P_{max} & (K_Z Z-K_P P)\le -K_Z Z_{max} \end{cases} \quad (30)$$

Имитационное моделирование технологических процессов. При реализации модели на ЭВМ возможно исследование точности процесса обработки с помощью имитационного моделирования.

Представление дифференциальных уравнений движения системы в форме Коши. Функциональная схема динамической преобразующей системы процесса шлифования криволинейного профиля, составленная на основе уравнений (10), (15), (24), показана на рис.3.

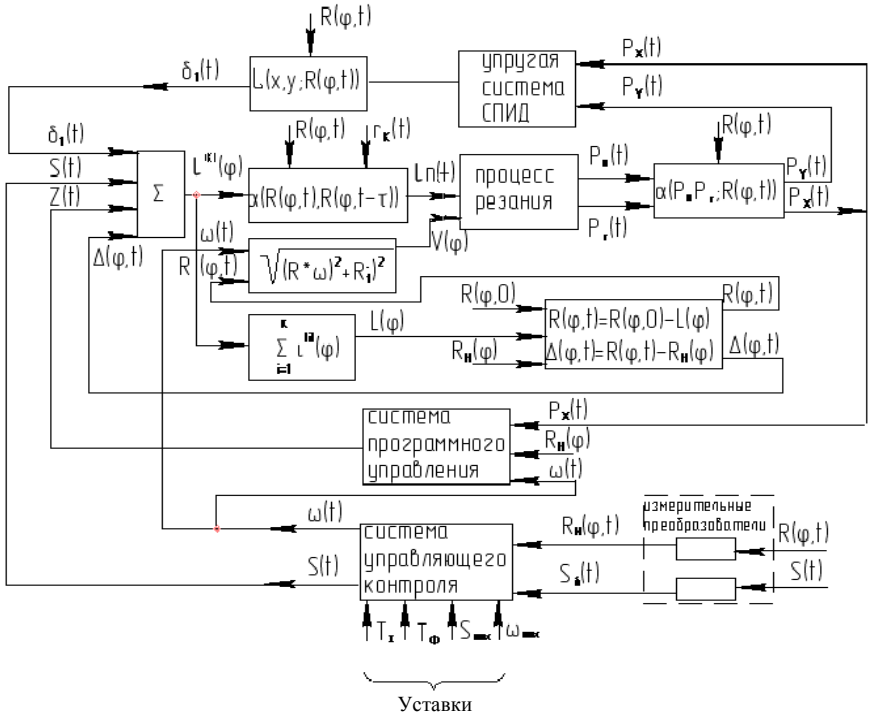


Рис.3. Функциональная схема динамической преобразующей системы процесса шлифования криволинейного профиля

Общая толщина съема металла за n проходов

$$L(\varphi)=\sum_{j=1}^{n} l_j(\varphi)\cdot \quad (31)$$

Тогда текущий профиль связан с профилем заготовки соотношением

$$R_T(\varphi,t)=R(\varphi,0)-L(\varphi), \quad (32)$$

а оставшийся припуск под обработку

$$\Delta R(\varphi, t) = R_т(\varphi, t) - R_н(\varphi), \qquad (33)$$

где Rн(φ) - номинальный профиль детали.

Система управляющего контроля, структуру которой необходимо синтезировать на основе анализа информативных параметров процесса обработки при заданных ограничениях T_Σ, T_Φ, T_{max}, формирует вектор управляющего воздействия $S = \{S(t), \omega(t)\}$.

Для реализации модели на ЭВМ дифференциальные уравнения, описывающие систему, приводятся к форме Коши. Приведение осуществляется по ветвям: процесс резания - упругие деформации по оси X, процесс резания - упругие деформации по оси У, процесс резания - система программного управления; затем вводятся уравнения замыкания ветвей. Исходя из рисунка 4 для ветви процесс резания - деформация по оси OX можно написать:

$$(M_X p^2 + H_X p + C_X) \cdot X = K_P K_X(t)(T_P p - 1) l_n. \qquad (34)$$

Обозначив $b_{0X} = K_P K_X(\varphi)$; $b_{1X} = K_P K_X(\varphi) T_P = T_P b_{0X}$ и разрешив уравнение (34) относительно старшей производной, получим

$$p^2 X = \frac{1}{M}(b_{1X} p l_n + b_{0X} l_n - H_X p X - C_X X). \qquad (35)$$

Если расчетную схему строить по структуре рис. 4,а, то понадобится вводить операцию дифференцирования по времени pl_n. Однако дифференцирующие устройства подчеркивают зашумленность входных сигналов, вызванных, к примеру, ошибками дискретизации непрерывных величин на ЭВМ. Операцию можно исключить из алгоритма реализации модели на ЭВМ, вводя специально подобранное фазовое пространство переменных.

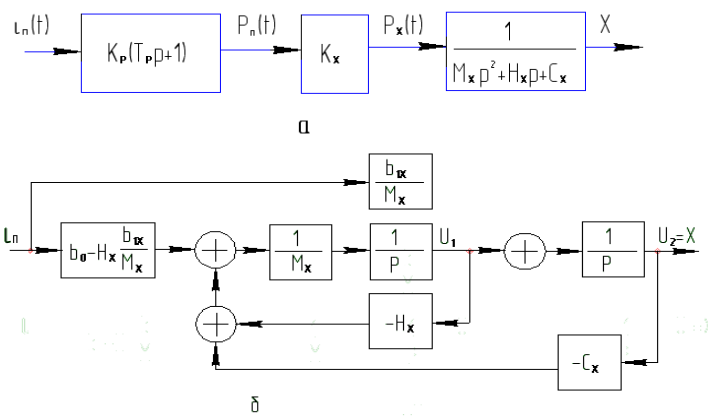


Рис.4. Ветвь процесса резания – деформация по оси OX: а – динамические звенья ветви; б – отображение дифференциального уравнения структурной схемой

Для этого перепишем уравнение (35) в виде

$$p^2X = \frac{1}{M}\left(b_{0X} l_n - H_X pX - C_X X\right) + \frac{b_{1X}}{M_X} p l_n \qquad (36)$$

и введем переменную U_1, получаемую из дифференциального уравнения

$$pU_1 = \frac{1}{M_X}\left(b_{0X} l_n - H_X pX - C_X X\right). \qquad (37)$$

Тогда уравнение (35) можно записать в виде

$$p^2X = pU_1 + \frac{b_{1X}}{M_X} p l_n \qquad (38)$$

Проинтегрировав обе части уравнения (38) и введя переменную $U_2 = X$, получим систему уравнений

$$\begin{cases} pU_1 = \dfrac{1}{M_X}\left[b_{0X} l_n - H_X\left(U_1 + \dfrac{b_{1X}}{M_X} l_n \right) - C_X U_2; \right. \\ pU_2 = U_1 - \dfrac{b_{1X}}{M_X}, \end{cases} \qquad (39)$$

описывающую изменение во времени деформации X в зависимости от изменения глубины резания l_n в фазовом пространстве:

$$U_1 = pX - \frac{b_{1X}}{M_X} l_n; U_2 = X. \qquad (40)$$

Структурная схема, отображающая систему дифференциальных уравнений (39), показана на рис.4,б.

Аналогично, деформация по оси OY определяется в фазовом пространстве

$$U_3 = pY - \frac{b_{1Y}}{M_Y} l_n; U_4 = Y \qquad (41)$$

из системы уравнений

$$\begin{cases} pU_3 = \dfrac{1}{M_Y}\left[b_{0Y} l_n - H_Y\left(U_3 + \dfrac{b_{1Y}}{M_Y} l_n \right) - C_Y U_4 \right]; \\ pU_4 = U_3 + \dfrac{b_{1Y}}{M_Y} l_n. \end{cases} \qquad (42)$$

По структурной схеме системы программного управления, считая, что силовое воздействие на гидроцилиндр осуществляет радиальная сила резания P_n, можно написать систему уравнений, описывающих движение следящей системы:

$$\begin{cases} (T_1^2 p^2 + T_2 p + 1) p R_{пр} = K_V Q + K_G (T_3 p + 1) G; \\ Q = Q(z, P); \\ Z = R_{пр}(t) - R_H(t); \\ P = \frac{1}{F}\left[(Mp + f) p R_{пр} + G\right]; \\ (T_p p + 1) y_n = \frac{1}{K_p} G. \end{cases} \quad (43)$$

После введения фазовых координат:

$$U_5 = p^2 R_{пр} - T_1^2 T_2 G; U_6 = p R_{пр}; U_7 = R_{пр} \quad (44)$$

система уравнений (4.13) представляется в виде

$$\begin{cases} pU_5 = \frac{1}{T_1^2}\left[K_V Q + K_G G - T_2 U_5 - U_6\right]; \\ pU_6 = U_5 + T_1^2 T_3 G; \\ pU_7 = U_6; \\ P = \frac{1}{F}\left[M(U_5 + T_1^2 T_3 G) + fU_6 G\right] \end{cases} \quad (45)$$

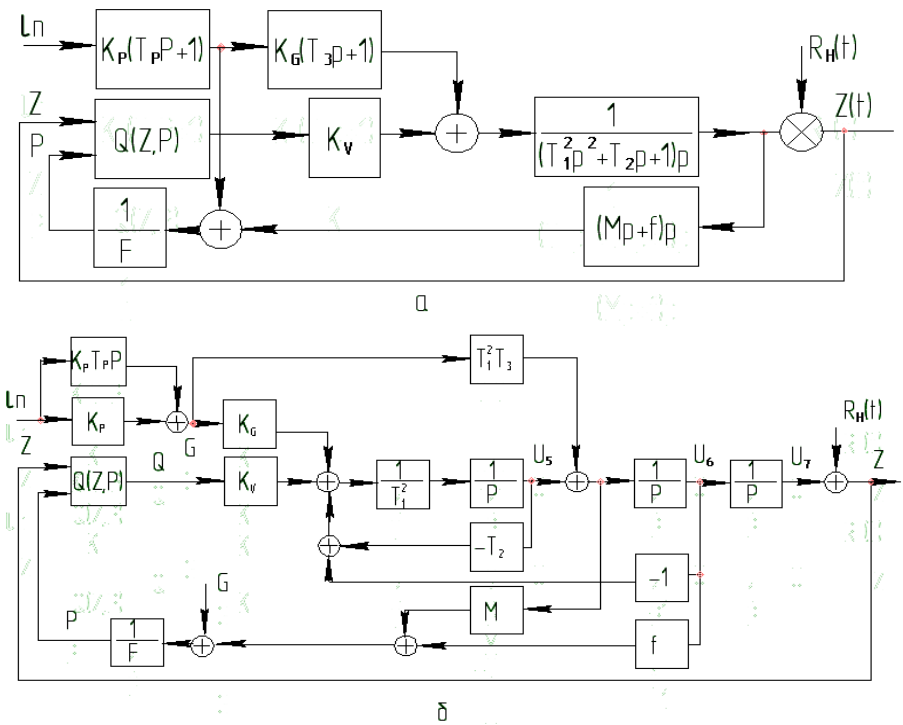


Рис.5. Ветвь система программного управления – процесс резания:
а - функциональные динамические звенья ветви; б - отображение дифференциальных уравнений структурной схемой

На рис.5 представлены структурные схемы, отображающие систему дифференциальных уравнений (39),(42),(45), позволяющие разработать

алгоритм численного интегрирования при имитации обработки профиля на ЭВМ.

Заключение. Математическая модель динамической преобразующей системы технологического процесса контурного шлифования, построенная на основе выведенных уравнений, приведена в таблице.

Параметры математической модели

ЛЕВЫЕ ЧАСТИ УРАВНЕНИЙ		МАТРИЦА КОЭФФИЦИЕНТОВ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ									
		ФАЗОВЫЕ КООРДИНАТЫ							ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ		
		U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	l_n	Q	P_n
СИСТЕМА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	pU_1	$-\frac{H_X}{M_X}$	$-\frac{C_X}{M_X}$	0	0	0	0	0	$\frac{K_P K_X}{M_X}\left(1-\frac{H_X T_P}{M_X}\right)$	0	0
	pU_2	1	0	0	0	0	0	0	$\frac{K_P K_X T_P}{M_X}$	0	0
	pU_3	0	0	$\frac{H_Y}{M_Y}$	$-\frac{C_Y}{M_Y}$	0	0	0	$\frac{K_P K_X}{M_Y}\left(1-\frac{H_X T_P}{M_Y}\right)$	0	0
	pU_4	0	0	1	0	0	0	0	$\frac{K_P K_X T_P}{M_Y}$	0	0
	pU_5	0	0	0	0	$-\frac{T_2}{T_1^2}$	$-\frac{1}{T_1^2}$	0	0	$\frac{K_Y}{T_1^2}$	$\frac{K_G}{T_1^2}$
	pU_6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	$T_1^2 T_3$
	pU_7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ		УРАВНЕНИЯ СВЯЗИ	ФИЗИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ
СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ СВЯЗИ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ	l	$\Delta(\varphi,t)-S(t)-Z(t)-\delta(t)-\delta_H(t)-\delta_T(t)-\delta_P(t)$	ТОЛЩИНА СНИМАЕМОГО СЛОЯ ПО ЦЕНТРОИДНОМУ ПРОФИЛЮ
	$\Delta(\varphi,t)$	$R(\varphi,t)-R_H(\varphi)$	ТЕКУЩИЙ ПРИПУСК НА ОБРАБОТКУ ПО ЦЕНТРОИДНОМУ ПРОФИЛЮ
	Z	$U_7-R_H(\varphi)$	ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ СИСТЕМЫ ПУ
	$\delta_1(\varphi)$	$U_2\cos\varphi-U_4\sin\varphi$	ДЕФОРМАЦИЯ СПИД В РАДИАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ
	l_n	$l\sin\mu-\Delta r_K(t)$	ТОЛЩИНА СНИМАЕМОГО СЛОЯ ПО НОРМАЛИ К ПОВЕРХНОСТИ
	Q	$Q(Z,P)$	РАСХОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТНИКА
	P	$\frac{M}{F}\left(U_5+T_1^2T_3P_n+\frac{f}{M}U_6+P_n\right)$	ДАВЛЕНИЕ В ГИДРОЦИЛИНДРЕ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ
	P_n	$K_P(T_P p+1)$	РАДИАЛЬНАЯ СИЛА РЕЗАНИЯ
	K_p	$a_V+b_V V$	КОЭФФИЦИЕНТ РЕЗАНИЯ
	V	$\sqrt{(R(\varphi_1 t)\omega)^2+(R'_t)^2}$	СКОРОСТЬ ПЛОЩАДКИ КОНТАКТА ПРОФИЛЯ СО ШЛИФОВАЛЬНЫМ КРУГОМ

Разработанная модель позволяет разделить совокупность переменных на пять подмножеств:

- входные воздействия - профиль заготовки R(φ,0) и припуск на обработку Δ(φ,0);

- выходные переменные - погрешность обработки профиля, отклонение размера заданного профиля $\Delta_{\Sigma} = \max_{\varphi \in (0;2\pi)} \Delta(\varphi, t)$, отклонение формы заданного профиля $\Delta_{\Sigma} = \max_{\varphi \in (0;2\pi)} \Delta(\varphi, t) - \min_{\varphi \in (0;2\pi)} \Delta(\varphi, t)$;

- технологические факторы, вызывающе собственно-случайные и функциональные погрешности обработки: износ шлифовального круга $\Delta r_k(t)$, флуктуации коэффициента резания κ_p, связанные с изменением режущих свойств шлифовального круга и колебанием поверхностной твердости материала, динамическая погрешность системы ПУ, температурные и силовые деформации системы СПИД, ведущие к изменению $R_н(\varphi)$;

- конструктивные факторы: номинальный профиль $R_н(\varphi)$ и ширина рабочей поверхности профиля B;

- управляющие переменные, формируемые системой управляющего контроля на основе измеренных информативных переменных: радиальная подача S(t) и угловая скорость вращения детали ω(t).

Математическая модель описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами и уравнениями связи, осуществляющими замыкание динамических звеньев и характеризующими переменные параметры.

Библиографический список

1. Чарнко Д.В. Основы выбора технологического процесса механической обработки. - М.: Машгиз, 1963. - 320с.

2. Якимов А.В. Оптимизация прогресса шлифования. - М.: Машиностроение,1976. - 176 с.

3. Кондашевский В.В., Лотце В. Активный контроль размеров деталей на металлорежущих станках.- Омск: Западно-Сибирское кн.изд-во, 1976. - 431 с.

4. Точность производства в машиностроении и приборостроении / Под ред. А.Н. Гаврилова. - М: Машиностроение, 1973. - 567 с.

5. Острем К.Ю. Введение в стохастическую теорию управления. - М.: Мир, 1973. - 321 с.

6. Райбман Н.С., Чадеев В.М. Построение моделей процессов производства. - М.: Энергия. 1975. - 372 с.

7. Graupe D. Identification of systems. – New-York: Colorado State University, 1976. - 301 с.

8. Чернецкий В.И. Анализ точности нелинейных систем управления. — М.: Машиностроение, 1968. - 246 с.

9. Кудинов В.А. Динамика станков. - М.: Машиностроение, 1967. - 359 с.

10. Левин А.И. Математическое моделирование в исследовании и проектировании станков. - М.: Машиностроение, 1978. - 184 с.

11. Расчет динамических характеристик упругих систем станков с ЧПУ: Методические рекомендации /Е.В. Хлебалов, Т.С. Воробьева, Г.Я. Чумбуридзе и др. - М.: ОНТИ ЭНИМС, 1976, - 98 с.

12. Программное управление станками /В.Л. Сосонкин, О.П. Михайлов, Ю.А. Павлов и др. - М.: Машиностроение, - 1981. — 398 с.

13. Лещенко В.А. Гидравлические следящие приводы станков с программным управлением. - М.: Машиностроение, 1975. - 288 с.

14. Динамика гидропривода /Под ред. В.Н. Прокофьева. - М.: Машиностроение, 1974. - 292 с.

Материал поступил в редакцию 13.12.06.

V.N. ANANCHENCO, A.I. ANANCHENCO, I.C. TSIBRY, V.V. GOLOVKIN

MODELING OF FORM-BUILDING CURVILINEAR PROFILE FOR POLISH

In article is described the mathematical model of form-building curvilinear profile for polish. The model take into account nonlinear operators of transformation and nonstationary accidental influences.

АНАНЧЕНКО Владимир Николаевич (р. 1938), профессор кафедры "Приборостроение", декан факультета "Автоматизация и информатика" ДГТУ. Окончил РИСХМ (1961).
Основные направления научных исследований – разработка систем управления и контроля качества для автоматизированного производства.
Автор более 100 публикаций.

АНАНЧЕНКО Алла Ивановна, доцент кафедры "Графика и начертательная геометрия" ДГТУ. Окончила РИСХМ (1972).
Автор 25 научных работ в области сельскохозяйственных машин и компьютерных технологий.

ЦЫБРИЙ Ирина Константиновна, доцент кафедры "Приборостроение" ДГТУ. Окончила РИСХМ (1973).
Основные направления научных исследований - магнитные свойства и методы исследований ферромагнитных металлов и сплавов.
Автор более 100 публикаций.

ГОЛОВКИН Виктор Викторович (р. 1956), доцент кафедры "Приборостроение" ДГТУ. Окончил РИСХМ (1978).
Основное направление научных исследований – контроль параметров технологических процессов.
Автор более 20 публикаций.

УДК 621.791

Р.Р. КОТЛЫШЕВ

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ СВАРНЫХ НАХЛЁСТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, НАГРУЖЕННЫХ ПРОДОЛЬНОЙ СИЛОЙ

Представлены результаты исследования функции стоимости сварного нахлесточного соединения на экстремум. Получены зависимости, позволяющие проектировать сварные нахлесточные соединения, равнопрочные основному металлу и минимальной стоимости. Представленные расчеты могут быть полезны при проектировании решетчатых конструкций.

Ключевые слова: *оптимизация сварных соединений, прочность нахлесточных соединений, величина катета, длина флангового шва, стоимость.*

Введение. Обеспечение прочности металлоконструкций и их экономичности – важнейшая народнохозяйственная задача, которая в основном достигается применением методов оптимизационного проектирования.

Постановка задачи. Задача проектирования сварного нахлёсточного соединения, рис.1, сводится к назначению размеров швов, обеспечивающих их равнопрочность с основным металлом, и одновременно является задачей на условный экстремум функции стоимости. Условие равнопрочности имеет вид

$$F \cdot |\sigma| = \beta \cdot k \cdot L_{\Sigma} \cdot |\tau'| \ , \qquad (1)$$

где $F = h \cdot \delta$ – площадь поперечного сечения присоединяемого элемента, м^2; $|\sigma|$ - допускаемые напряжения основного металла, Па; β – коэффициент проплавления, зависящий от способа сварки; k - величина катета шва, м; L_{Σ} - суммарная длина ($L_{\Sigma} = l_{фл1} + l_{фл2} + h$) фланговых $l_{фл1}$, $l_{фл2}$ и торцового h швов, м; $|\tau'|$ - допускаемые напряжения сварного соединения, которые назначаются в долях от допускаемых напряжений основного металла, Па,

$$|\tau'| = \alpha \cdot |\sigma|, \qquad (2)$$

где α = 0,6-0,65.

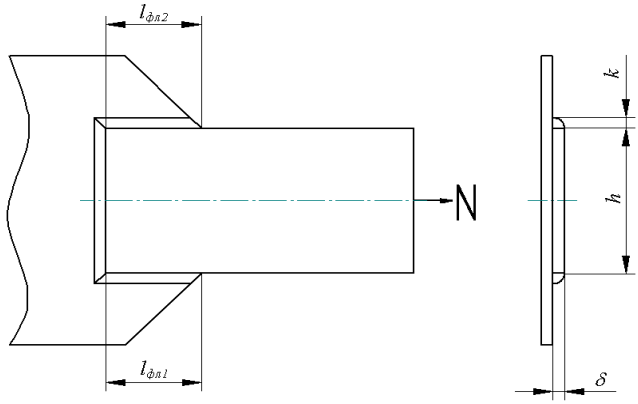


Рис.1. Нахлесточное соединение пластины с косынкой

Объем наплавленного металла, м^3,

$$V = \frac{k^2 \cdot L_\Sigma}{2} \quad . \tag{3}$$

Объем основного металла, заключенного в нахлестке, м^3,

$$V_{OM} = F \cdot l_{фл\,1} \quad . \tag{4}$$

Стоимость соединения C складывается из стоимости наплавленного и основного металла, ограниченного сварными швами, руб.:

$$C = \frac{k^2 \cdot L_\Sigma \cdot \gamma \cdot C_{HM}}{2} + F \cdot l_{фл1} \cdot \gamma \cdot C_{OM} \, , \tag{5}$$

где C_{HM} - стоимость наплавленного металла, руб.; C_{OM} - стоимость основного металла, руб.; γ – плотность металла, кг/м^3.

Из (1) следует, что прочность сварного соединения зависит от длины шва и величины катета. Увеличение одного параметра приводит к пропорциональному уменьшению другого. Однако уменьшение катета шва приводит к уменьшению объема и стоимости наплавленного металла (5). При этом увеличение длины флангового шва приводит к увеличению доли стоимости основного металла, ограниченного сварными швами (5).

Были проанализированы два типа нахлёсточных соединений.

На рис. 1 показано нахлёсточное соединение пластины с косынкой, которое получено путём выполнения комбинированных швов ($l_{фл1}$, $l_{фл2}$, h). Из уравнения (1) требуемый катет шва, обеспечивающий равнопрочность соединения, рассчитывается по формуле

$$k = \frac{\delta \cdot h}{\alpha \cdot \beta \cdot \left(2 \cdot l_{фл1} + h\right)} \quad . \tag{6}$$

Подставив значение катета из уравнения (6) в уравнение (5), получим:

$$C = \frac{\delta^2 \cdot h^2}{2 \cdot \alpha^2 \cdot \beta^2} \cdot \frac{1}{\left(2 \cdot l_{фл1} + h\right)} \cdot \gamma \cdot C_{HM} + \delta \cdot h \cdot l_{фл1} \cdot \gamma \cdot C_{OM} \, . \tag{7}$$

Для нахождения экстремума необходимо первую производную (7) относительно длины флангового шва приравнять нулю:

$$\frac{\delta^2 \cdot h^2}{2 \cdot \alpha^2 \cdot \beta^2} \cdot C_{HM} \cdot \gamma \cdot \left(-2\right) \frac{1}{\left(2 \cdot l_{фл1} + h\right)^2} + \delta \cdot h \cdot \gamma \cdot C_{OM} = 0 ; \tag{8}$$

$$\frac{\delta \cdot h \cdot C_{HM}}{\alpha^2 \cdot \beta^2 \cdot \left(2 \cdot l_{фл1} + h\right)^2} = C_{OM} \, . \tag{9}$$

По данным ИЭС им. Е.О. Патона, стоимость наплавленного металла в 10-40 раз больше стоимости основного металла: $\psi = C_{HM} / C_{OM}$. Подставим значение ψ в формулу (9):

$$4 \cdot l_{фл1}^2 + 4 \cdot h \cdot l_{фл1} + \left(h^2 - \frac{\delta \cdot h \cdot \psi}{\alpha^2 \cdot \beta^2} \right) = 0. \quad (10)$$

Решив квадратное уравнение, получим оптимальную длину шва

$$l_{фл.опт.} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{\frac{\delta \cdot h \cdot \psi}{\alpha^2 \cdot \beta^2}} - h \right). \quad (11)$$

Эту формулу можно записать в следующем виде:

$$l_{фл.опт} = \frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt{F \cdot \psi}}{\alpha \cdot \beta} - h \right) = \frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt{N \cdot \psi}}{\alpha \cdot \beta \cdot \sqrt{|\sigma|}} - h \right), \quad (12)$$

где *N* - усилие, приложенное к соединению, Н.

Подставляя оптимальную длину флангового шва $l_{фл.опт}$ в формулу (6), вычисляем оптимальную величину катета шва.

Если присоединяемая пластина работает на сжатие, то формула для расчёта оптимальной длины шва будет иметь следующий вид:

$$l_{фл.опт}^{сж} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{\frac{\delta \cdot h \cdot \psi \cdot \varphi}{\alpha^2 \cdot \beta^2}} - h \right), \quad (13)$$

где φ - коэффициент продольного изгиба, зависящий от длины элемента и его радиуса инерции.

Оптимальная величина катета шва при сжатии

$$k^{сж} = \frac{\delta \cdot h \cdot \varphi}{\alpha \cdot \beta \cdot \left(2 \cdot l_{фл.опт.}^{сж} + h \right)}. \quad (14)$$

Рассмотрим более сложный случай присоединения уголков к косынке (рис.2).

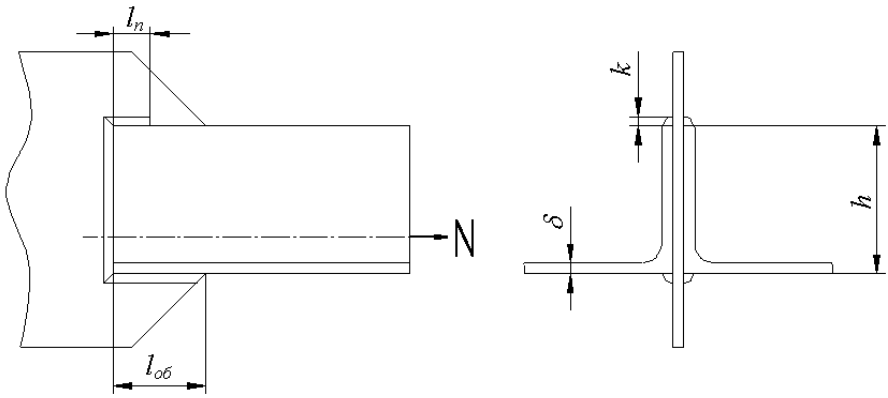


Рис.2. Нахлесточное соединение равнобоких уголков с косынкой

Особенностью расчёта такого соединения является то, что через фланговые швы, прикрепляющие уголок к косынке, передаются разные усилия. Через сварной шов, прикрепляющий обушок уголка к косынке, передается 70% усилия, а через шов, присоединяющий перо уголка к косын-

ке, - оставшиеся 30% усилия [1]. В связи с этим ниже приводятся расчёты, аналогичные предыдущим, без подробных комментариев.

Длина сварного шва по обушку $l_{об} = 0{,}7(L_{\Sigma}-h)$, м, тогда длина шва по перу $l_{п} = 0{,}3(L_{\Sigma}-h)=3/7\ l_{об}$, м.

Условие равнопрочности сварного соединения и основного металла в данном случае имеет вид:

$$\beta \cdot k \cdot 2 \cdot \left(\frac{10 \cdot l_{об.}}{7} + h \right) \cdot |\tau'| = 2 \cdot \delta \cdot (h + h - \delta) \cdot |\sigma|; \qquad (15)$$

$$k = \frac{\delta \cdot (2 \cdot h - \delta)}{\alpha \cdot \beta \cdot \left(\frac{10 \cdot l_{об.опт.}}{7} + h \right)}. \qquad (16)$$

Стоимость соединения

$$C = \frac{k^2}{2} \cdot 2 \cdot \left(\frac{10 \cdot l_{об.}}{7} + h \right) \cdot \gamma \cdot C_{НМ} + \delta \cdot (2h - \delta) \cdot 2 \cdot l_{об.} \cdot \gamma \cdot C_{ОМ}. \qquad (17)$$

Подставив значение катета (16) в формулу (17), получим

$$C = \frac{\delta^2 (2h - \delta)^2}{2\alpha^2 \cdot \beta^2 \cdot \left(\frac{10 \cdot l_{об.}}{7} + h \right)} \cdot \gamma \cdot C_{НМ} + \delta \cdot (2h - \delta) \cdot 2 \cdot l_{об.} \cdot \gamma \cdot C_{ОМ}. \qquad (18)$$

Первая производная (18)

$$C' = -\frac{10 \cdot \delta^2 (2h - \delta)^2}{7 \cdot 2 \cdot \alpha^2 \cdot \beta^2 \cdot \left(\frac{10 \cdot l_{об.}}{7} + h \right)^2} \cdot \gamma \cdot \psi \cdot C_{ОМ} + 2 \cdot \delta (2h - \delta) \cdot \gamma \cdot C_{ОМ} = 0. \qquad (19)$$

После решения уравнения и преобразований получим

$$l_{об.опт.} = \frac{\sqrt{35 \cdot \delta \cdot (2 \cdot h - \delta) \cdot \psi}}{10 \cdot \alpha \cdot \beta} - \frac{7 \cdot h}{10}. \qquad (20)$$

Катет находим по формуле (16).

Если присоединяемый уголок работает на сжатие, то формула для расчёта полной длины шва будет иметь следующий вид:

$$l^{сж}_{об.опт.} = \frac{\sqrt{35 \cdot \delta \cdot (2 \cdot h - \delta) \cdot \psi \cdot \varphi}}{10 \cdot \alpha \cdot \beta} - \frac{7 \cdot h}{10}. \qquad (21)$$

Тогда значение катета шва рассчитывается по формуле

$$k^{сж} = \frac{\delta \cdot (2 \cdot h - \delta) \cdot \varphi}{\alpha \cdot \beta \cdot \left(\frac{10 \cdot l^{сж}_{фл.опт.}}{7} + h \right)}. \qquad (22)$$

Результаты исследований. Проведенные расчеты пластин и уголков разных размеров показывают, что в ряде случаев расчетное значение катета превышает толщину присоединяемого элемента. Поэтому необходимо выявить критерий, при котором возможно использование данной методики расчета сварных швов.

Рассмотрим соединение пластины с косынкой (см. рис.1). Найдем критерий, при котором катет не будет превышать толщину пластины, т.е. $k = \delta$. Подставив значение катета в формулу (6), получим

$$\delta = \frac{\delta \cdot h}{\alpha \cdot \beta \cdot (2l_1 + h)}.$$

Подставим в данную формулу значение оптимальной длины фланговой шва из формулы (11), получим

$$\frac{\delta \cdot h}{\alpha \cdot \beta \cdot \left[2\left(\frac{1}{2}\left(\sqrt{\frac{\delta \cdot h \cdot \psi}{\alpha^2 \cdot \beta^2}} - h\right)\right) + h\right]} = \delta.$$

В результате преобразований получим требуемый критерий

$$\frac{h}{\delta \cdot \psi} = 1. \qquad (23)$$

Если $\frac{h}{\delta} = \psi$ – расчетный катет шва будет равен толщине пластины.

Если соотношение $\frac{h}{\delta} > \psi$ – катет необходимо назначать равным толщине присоединяемой пластины. После чего вычислить длину фланговой шва по формуле (6).

Если $\frac{h}{\delta} < \psi$ – необходимо воспользоваться формулой (11), а затем вычислить катеты по формуле (6).

Для сжатых пластин критерий с учетом продольного изгиба примет вид

$$\varphi \cdot \frac{h}{\delta} = \psi. \qquad (24)$$

Обычно швы, прикрепляющие уголки к плоскости, приваривают катетами одинаковой величины, равной 0,8δ [1,2]. Подставив значение катета k=0,8δ и оптимальной длины шва по обушку (20) в формулу (16), получим

$$\psi = 1{,}75\frac{(2h - \delta)}{\delta}. \qquad (25)$$

Если $\psi = 1{,}75\dfrac{(2h-\delta)}{\delta}$ – расчетный катет шва будет равен 0,8δ.

Если соотношение $1{,}75\dfrac{(2h-\delta)}{\delta} > \psi$ – катет необходимо назначать равным 0,8δ. После чего вычислить длину флангового шва по формуле (20).

Если $1{,}75\dfrac{(2h-\delta)}{\delta} < \psi$ – необходимо воспользоваться формулой (20), а затем вычислить катет по формуле (16).

Для сжатых уголков с учетом продольного изгиба

$$\psi = 1{,}75 \cdot \varphi \cdot \frac{(2h-\delta)}{\delta}. \qquad (26)$$

Пример расчета сварных швов, прикрепляющих пластину к плоскости. Предположим, что необходимо прикрепить пластину толщиной 10 мм и шириной 200 мм к косынке, которая будет работать на растяжение. При этом известно, что при выбранной технологии (способе сварки) и сварочных материалах соотношение стоимости наплавленного металла к основному составит 30. Шов выполняется ручной дуговой сваркой.

Тогда имеем $\dfrac{h}{\delta} = \dfrac{200}{10} = 20$, т.е. выполняется условие (23). Далее по формуле (11) определяем оптимальную длину флангового шва

$$l_{фл.опт} = \frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt{10 \cdot 200 \cdot 30}}{0{,}6 \cdot 0{,}7} - 200\right) = 192 \text{ (мм)};$$

$$k_{опт} = \frac{10 \cdot 200}{0{,}6 \cdot 0{,}7 \cdot (2 \cdot 192 + 200)} = 8 \text{ (мм)}, \text{ что не превышает}$$

δ=10 мм.

На рис.3 представлены зависимости стоимости основного и наплавленного металла, а также стоимость сварного нахлесточного соединения от величины катета сварного шва. Функция стоимости сварного соединения (сплошная линия на рисунке) имеет минимум, который точно совпадает с рассчитанным по предложенным зависимостям.

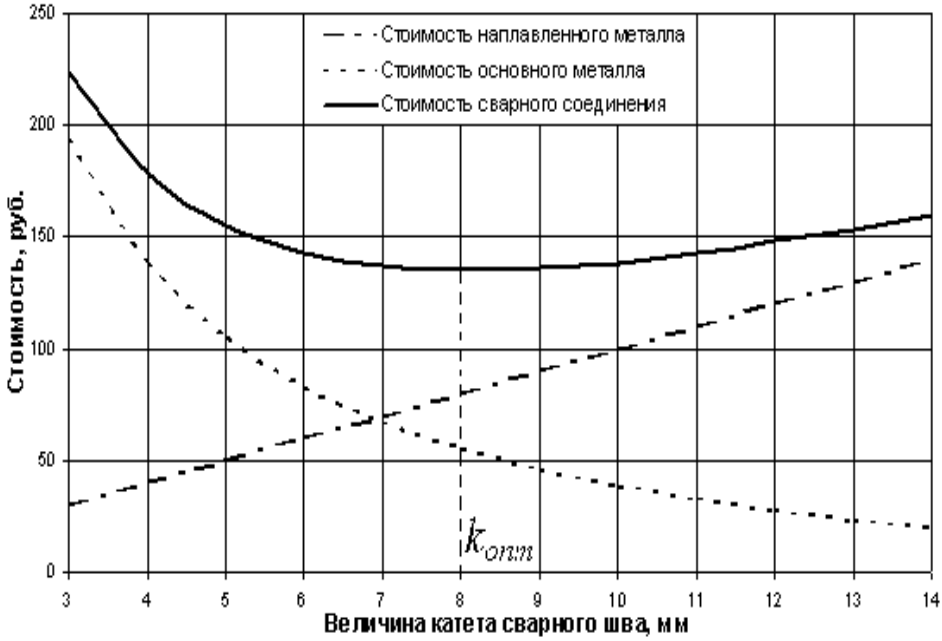


Рис.3. Зависимость стоимости сварных нахлесточных соединений от величины катета шва

Выводы. Предложены методика расчета и критерии оценки путей оптимизации для двух видов сварных нахлесточных соединений: для пластины – h/δ, а для уголков – $1{,}75(2h-\delta)/\delta$.

Если величина критерия больше либо равна отношению стоимости наплавленного металла к основному (ψ), то катет необходимо назначать максимальным, исходя из конструктивных соображений (для пластины катет равен толщине металла пластины, для уголков - 0,8δ).

Если величина критерия меньше отношения стоимости наплавленного металла к основному (ψ), то для расчета сварных швов следует использовать предложенную методику.

Библиографический список

1. Николаев Г. А., Куркин С. А., Винокуров В. А. Сварные конструкции. Прочность сварных соединений и деформации конструкций: Учеб. пособие.- М.: Высшая школа, 1982. – 272 с.

2. Николаев Г. А., Куркин С. А., Винокуров В. А. Сварные конструкции. Технология изготовления, автоматизация производства и проектирование сварных конструкций: Учеб. пособие.- М.: Высшая школа, 1983. – 344 с.

Материал поступил в редакцию 24.11.06.

R.R. KOTLYSHEV

OPTIMIZATION OF WELDED LAP JOINTS, LOADED LONGITUDINAL FORCE ON PROFITABILITY

The results of researching function of cost of welded lap joints are presented. Two lap joints are examined, working both on a tension, and on a squeezing: plate with a plane and corners with a plane. The dependences are deduced for designing welded lap joints with minimal cost.
The results of researches can be useful to the designers.

КОТЛЫШЕВ Роман Рефатович (р. 1983), сотрудник кафедры «Машины и автоматизация сварочного производства». Окончил ДГТУ по специальности «Оборудование и технология сварочного производства» (2005); магистратура по направлению «Технологические машины и оборудование», ДГТУ, 2006.
Область исследований и интересов: прочность сварных конструкций.
Опубликовано 2 статьи.

ТРЕНИЕ И ИЗНОС

УДК 621.833

В.Т. КОСТЫГОВ

КРИТЕРИЙ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ СВОЙСТВ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Представлена новая концепция оценки противоизносных свойств смазываемых стальных поверхностей трения по величине и распределению микромеханических характеристик в тонком приповерхностном слое, оцениваемых субструктурным критерием Ks.

Ключевые слова: *трибосистема, интенсивность изнашивания, поверхность трения, градиент, рентгеноструктурный анализ, смазочный материал.*

Введение. Около 90% повреждений силовых трибосистем обусловлены контактной усталостью – наиболее опасной в условиях контактного взаимодействия с передачей рабочей циклической нагрузки (при скольжении, качении, проскальзывании и др). Например, в работе [1] при исследовании продуктов изнашивания по методике [2] в маслах тяжелонагруженных зубчатых передач трансмиссий путевых машин установлена усталостная природа образования частиц износа, поперечный размер которых не более 3 мкм и которые в дальнейшем проходят стадию окисления металлического железа до окиси (Fe_2O_3-гематит), закиси (FeO-вюстит) и закись-окиси железа (Fe_3O_4-магнетит). Такие частицы изнашивания могут образовываться только в результате возникновения и слияния закритических микротрещин под действием повторного деформирования дискретных микрообъемов приповерхностного слоя металла, вызванного дискретным контактированием участков поверхности трения. При этом необходимо отметить, что исследования тонких процессов разрушения, характерных для хорошо смазываемых поверхностей, недоступны для классических трибологических методов. Здесь процессы разрушения накапливаются и локализуются в тонких приповерхностных слоях на уровне субструктуры как отклик структурночувствительных параметров кристаллической решетки на внешнее воздействие. А это означает, что для решения трибтехнических проблем необходимо развивать и использовать методы исследования тонкой кристаллической структуры на **микро-** и **наноуровнях.**

Постановка задачи. В инженерных триботехнических расчетах узлов трения используются механические характеристики материалов, отражающие их объемные свойства, в то время как тонкие приповерхностные слои имеют свойства, значительно отличающиеся от объемных, в том числе и из-за влияния смазочных материалов. Поэтому в основе недостатков существующих методов оценки износостойкости смазываемых поверхностей

трения лежит фактическая неизученность микромеханических свойств и кинетики разрушения тонкого (до 3…8 мкм) приповерхностного слоя, деформируемого трением. Изучение процессов триборазрушения в тонких приповерхностных слоях является комплексной задачей микромеханики и трибологии, решаемой на микро- и наноуровнях. Решение этой задачи открывает новые пути для повышения ресурса машин при одновременном снижении затрат труда, средств и материалов в сферах производства и эксплуатации.

Методы исследований. Наиболее полно принципы подбора смазочных материалов для тяжелонагруженных узлов трения изложены в работах И.А. Буяновского и др. [3], где определяется режим трения по критерию $\lambda = h_{min}/(R_{a1}^2 + R_{a2}^2)^{0,5}$, представляющему собой отношение минимальной толщины h_{min} смазочного слоя в зазоре между трущимися деталями к характеристикам высоты микронеровностей R_{a1} и R_{a2} рабочих поверхностей этих деталей, проверка работоспособности смазочного материала осуществляется по температурному критерию ($Q_{кр} > Q_{\Sigma}$).

С учетом большого числа однотипных смазочных материалов, при использовании которых указанные выше критерии могут совпадать или быть близкими по значению, нами предлагается качество служебных свойств смазочных материалов оценивать субструктурным критерием, однозначно характеризующим противоизносные свойства масел. При этом предполагается, что интенсивность изнашивания зависит не только от толщины разделяющего поверхности трения масляного слоя и его температурных параметров, но и от физико-химического состава смазочного материала. Таким образом, получается полная двуединая служебная характеристика смазочного материала. Первая обусловливает параметры трения в контакте, вторая – параметры изнашивания контактирующих поверхностей. Метод исследования включал триботехнические испытания на роликовой машине трения СМТ-2 по схеме «ролик-ролик» при контактных давлениях 740 МПа, суммарной скорости качения V_{Σ}=3,5 м/с и относительной скорости проскальзывания $V_{ск}$= 0,7 м/с, а также послойные рентгенографические исследования тонкого приповерхностного слоя стальных образцов с использованием модернизированной Дебаевской камеры РКД, где были изменены диафрагмирующая система, шкала отсчета углов, стопорное устройство. В результате рентгеновский пучок, пройдя коллимационное устройство, под строго фиксированным углом падал на исследуемую поверхность образца.

Реализация исследований и обсуждение результатов. Рентгеноструктурному исследованию состояния структуры стали в тонком приповерхностном слое до и после триботехнических испытаний подвергались металлические образцы из сталей 25ХГТ и 18Х2Н4МА, которые имеют справочные механические характеристики: по напряжению текучести $\sigma_т$ - 1100 МПа и 850 МПа и по пределу выносливости $\sigma_в$ - 1500 МПа и 1150 МПа соответственно. Твёрдость поверхностей трения образцов после нитроцемен-

тации, закалки и низкого отпуска составляла 58…60 HRC при шероховатости R_a=1,25 мкм. Микроструктура образцов обеих сталей у поверхности практически одинакова - это мелкоигольчатый мартенсит, иногда со следами остаточного аустенита, количество которого уменьшается по глубине, что соответствует параметрам материала реальной зубчатой передачи.

Противоизносные свойства материалов исследовались на машине трения типа СМЦ-2 по схеме «ролик-ролик» при контактных давлениях 740 МПа, суммарной скорости качения V_{Σ}=3,5 м/с и относительной скорости проскальзывания $V_{ск}$= 0,7 м/с. Такие нагрузочно-скоростные режимы трения адекватны наиболее характерным режимам трения в реальной зубчатой передаче осевых редукторов путевых машин тяжелого типа АДМ при скорости движения 40 км/ч с грузом на платформе.

Результаты триботехнических испытаний указанных сталей в трансмиссионных маслах ТАП-15В, ТСп-14гип и в масле по ТУ 32ЦТ-551-84 представлены на рис.1.

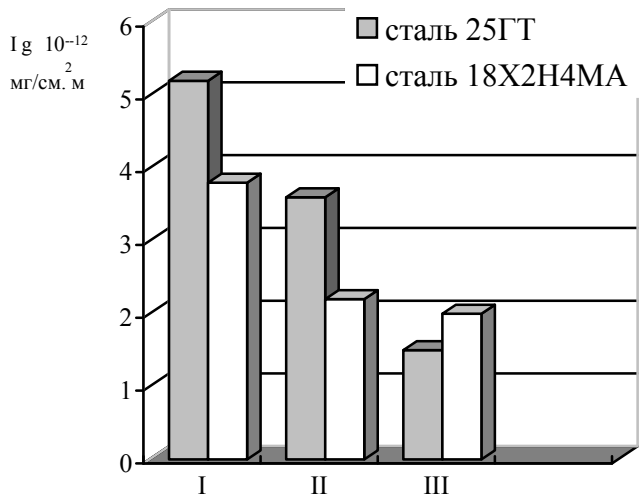


Рис. 1. Интенсивность изнашивания образцов в маслах:
I- масло по ТУ 32ЦТ-551-84 ; II-ТСп-15гип; III-ТАП-15В

Дифрактометрические исследования вновь изготовленных металлических образцов показали, что поверхностные слои сталей 25ХГТ и 18Х2Н4МА в исходном состоянии имеют весьма высокие плотности дислокационных скоплений, которые экспоненциально убывают по глубине исследуемого слоя в 8 мкм (рис. 2 и 3, кривые 1).

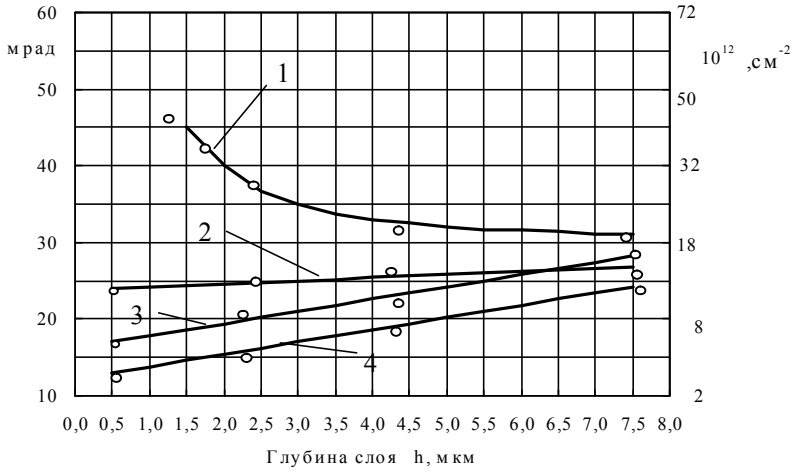


Рис. 2. Изменение ширины рентгеновских линий β (220) α-фазы и плотности дислокаций ρ по глубине стали 25ХГТ до (1) и после трения в маслах ТАП-15В (2), ТСп-14гип (3) и по ТУ 32ЦТ-551-84 (4)

Такая дислокационная картина приповерхностных слоев сталей в исходном состоянии отражает пропорциональное изменение микромеханических характеристик стали в исследуемом слое. Анализ рис. 2 и 3 показывает, что в исходном состоянии приповерхностные слои обеих сталей имеют значительный отрицательный градиент механических свойств по глубине приповерхностного слоя, что объясняется наклепом в приповерхностном слое после дробеструйной обработки поверхностей зубьев и адекватных роликовых образцов.

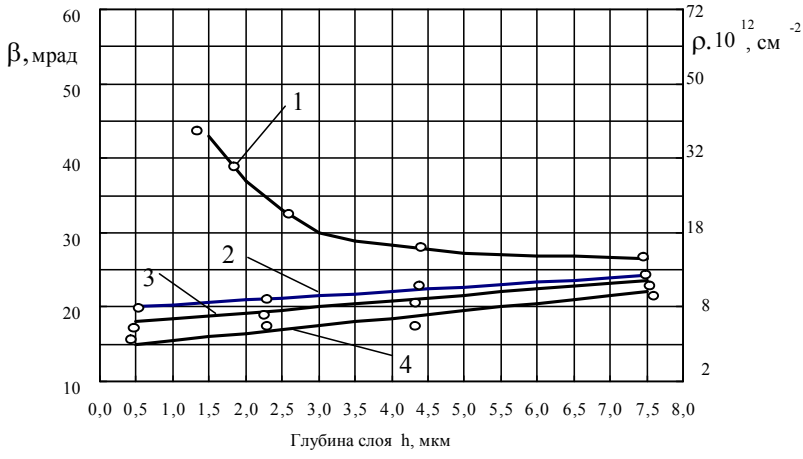


Рис. 3. Изменение ширины рентгеновских линий β (220) α-фазы и плотности дислокаций ρ по глубине стали 18Х2Н4МА до (1) и после трения в маслах: ТАП-15В (2), ТСп-14гип (3) и по ТУ 32ЦТ-551-84 (4)

Проведенные исследования [1] кинетики структурного состояния приповерхностных слоев материала при трении дают практическую возможность на основании экспериментальных данных рентгенографического анализа определять истинные локальные напряжения течения в деформируемых трением приповерхностных слоях сталей.

$$\sigma_{\tau(h)} = \mu \cdot G \cdot b \cdot \rho^{0,5},$$

где $\sigma_{\tau(h)}$-истинные значения предела текучести в исследуемом микрообъеме; μ - коэффициент; G -модуль сдвига; b - вектор Бюргерса; ρ - плотность дислокаций в исследуемом микрообъеме.

Метод определения плотности дислокаций ρ основан на квадратичной зависимости ρ от ширины рентгеновских линий β.

$$\rho = A \cdot \beta^2,$$

где А – коэффициент, зависящий от упругих свойств материала, характеристик дислокации (вектор Бюргерса). Для Al, W, Mo, Fe и их сплавов $A \approx 2 \cdot 10^{16}$ см$^{-2}$.

Различия в состояниях структур сталей 18Х2Н4МА и 25ХГТ в исходном состоянии заключаются в том, что на глубине относительной стабилизации структурных параметров около 6 мкм плотность дислокаций у стали 25ХГТ выше (кривая 1 на рис. 2), чем у стали 18Х2Н4МА (кривая 1 на рис.3). Эти различия, по-видимому, связаны с различием химсоставов сталей, обуславливающих и различные прочностные характеристики исследуемых приповерхностных слоев сталей при одинаковых режимах механической и химико-термической обработки образцов.

После восьми часов испытаний в трансмиссионных маслах ТАП-15В, ТСп-14гип и по ТУ 32ЦТ-551-84 приповерхностные слои образцов вновь подвергались рентгеноструктурному исследованию. Как видно из рис. 2 и 3, качественная картина изменения ширины рентгеновских линий β (220) α-фазы и соответствующих им плотностей дислокаций ρ для обеих сталей схожа. Все трансмиссионные масла после 8 часов испытания способствовали изменению дислокационной картины в тонких приповерхностных слоях сталей 18Х2Н4МА и 25ХГТ, а именно: дислокационные плотности и соответствующая им механическая прочность снизились. Во всех случаях приповерхностные слои стальных образцов приобрели положительные градиенты механических свойств, что минимизирует когезионные, объёмные вырывы с поверхностей трения при возможных прорывах масляной пленки и схватывании поверхностей трения.

Из приведенных исследований видно, что чем больше масляная среда влияет на снижение микромеханических характеристик в тонком приповерхностном слое стали, тем больше износ поверхности. Кроме того, изменение состояния структуры при трении распространяется на разную глубину в приповерхностном слое, т.е. каждому смазочному маслу соответствует характерный только для этого масла градиент изменения состояния структуры. Следовательно, градиент изменения состояния структуры в приповерхностном слое стали, выраженный через ширину рентгеновских линий β, является устойчивой оценочной характеристикой влияния внеш-

ней среды на распределение микромеханических характеристик материала в приповерхностном слое стали, деформируемом трением.

На рис. 4 представлены обобщенные зависимости характерных изменений ширины рентгеновских линий по глубине активного приповерхностного слоя стали после трения в смазочных маслах с разной химической активностью.

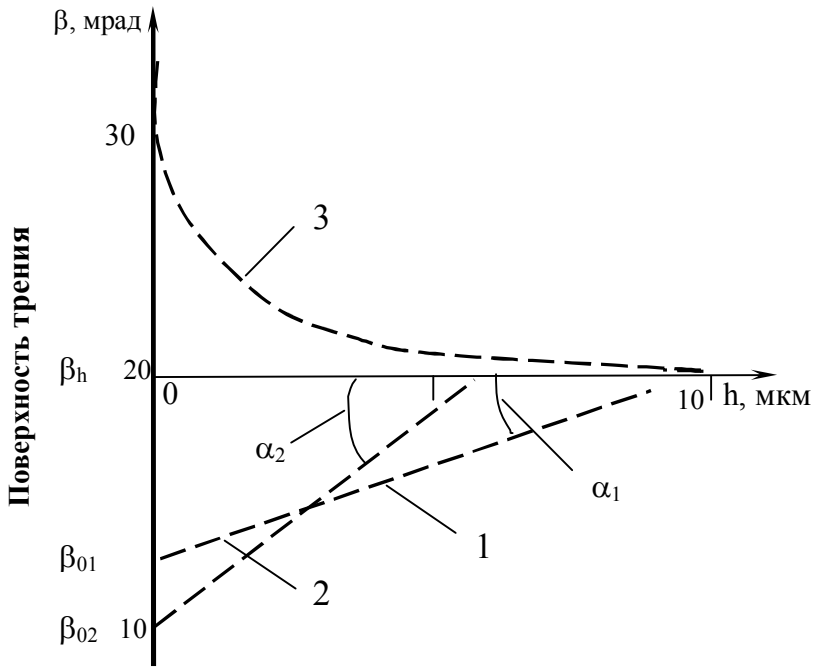


Рис. 4. Обобщенная зависимость характерных изменений ширины рентгеновских линий β по глубине приповерхностного слоя h стальных образцов: 1 и 2 – после трения в смазочных маслах с разной химической активностью; 3- в исходном состоянии перед трением

Здесь β_h соответствует ширине рентгеновских линий на максимальной глубине $h_в$ физико-химического влияния трибопроцессов в контакте. Ниже этого слоя трибопроцессы в контакте не изменяют состояние структуры стали; β_{01} и β_{02} соответствуют ширине рентгеновских линий на минимальном идентифицируемом расстоянии от поверхности после трения одинаковых стальных образцов в смазочных маслах, имеющих разную химическую активность при равных нагрузочно-скоростных параметрах трения.

Очевидно, что эти графики (прямая 1 и прямая 2 на рис. 4) соответствуют градиентам изменения состояния структуры приповерхностных слоев сталей в зависимости от свойств используемого масла, а углы α_1 и α_2 между нормалью к поверхности и направлением изменения ширины рентгеновских линий β_{01} и β_{02} характеризуют количественную величину этих изменений. Таким образом, изменение ширины β рентгеновских линий, глубина влияния внешней среды h и угол α полностью отражают физико-химическое влияние смазочного масла на изменение микромеханических характеристик приповерхностного слоя, деформированного трением.

Это позволяет получить критерий структурного состояния (Ks), который отражает влияние физико-химических процессов в смазываемом трибоконтакте на накопление и распределение несовершенств в кристаллической решетке (износоусталостные процессы) приповерхностного слоя, деформируемого трением:

$$Ks = \beta_h/(\beta_o \cos\alpha) .$$

Результаты триботехнических и рентгенографических исследований, (см. рис.1-3) сведены в таблицу, где приведены также численные величины субструктурного критерия Ks.

Результаты триботехнических
и рентгенографических исследований

№ п/п	Сталь	Смазочные масла	β_o, мрад	β_h мрад	Ks	$J_g \cdot 10^{-12}$
1	25ХГТ	ТУ 32-ЦТ-551	13	30	2,347	5,2
2		ТСп-14гип	17		1,791	3,6
3		ТАП-15В	24		1,251	1,5
5	18Х2Н4МА	ТУ 32-ЦТ-551	15	25	1,676	3,8
6		ТСп-14гип	18		1,395	2,2
7		ТАП-15В	20		1,262	1,9

Для анализа связи между интенсивностью изнашивания стальных образцов в различных маслах и состоянием структуры в тонких приповерхностных слоях, выраженным через критерий структурного состояния этих образцов, были построены графики зависимости между этими параметрами (рис. 5).

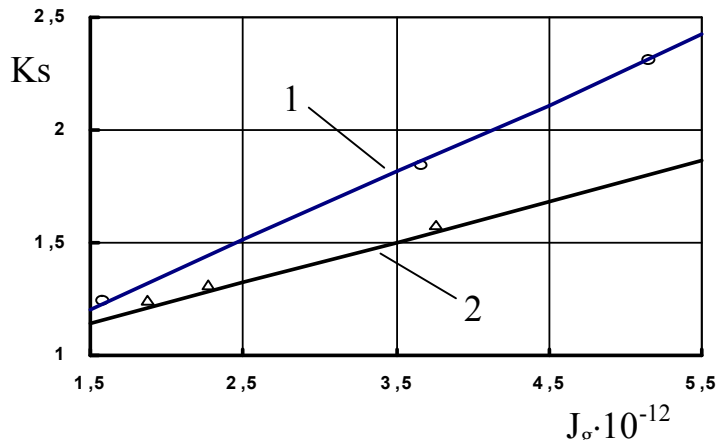


Рис. 5. Связь между критерием структурного состояния Ks и интенсивностью изнашивания J_g образцов из стали 25ХГТ (1) и 18Х2Н4МА (2) в различных трансмиссионных маслах

Из рис.5 видно, что интенсивность изнашивания сталей связана прямой зависимостью с критерием структурного состояния, при этом зависимости эти индивидуальны для каждой стали, что видно также из результатов триботехнических испытаний (см. рис.1) и рентгенографических исследований (см. рис.2 и 3). Совершенно очевидно, что тонкая кристаллическая структура приповерхностного слоя стали 25ХГТ более чувствительна к марке используемого смазочного материала по сравнению со структурой стали 18Х2Н4МА, что объективно отражается на интенсивности изнашивания.

Одним из главных достоинств критерия субструктурного состояния является то, что он однозначно отражает величину и знак градиента механических свойств (напряженного состояния структуры) в приповерхностном слое стали. Так, при $\beta_h > \beta_0$ критерий $Ks > 1$. При равенстве значений ширины рентгеновских линий как на глубине β_h, так и у поверхности β_o критерий $Ks = 1$. Для случая, когда в приповерхностном слое $\beta_h < \beta_o$, критерий $Ks < 1$. Отсюда видно, что при значении критерия $Ks > 1$ приповерхностный слой металла имеет положительный градиент механических свойств, а при $Ks < 1$ - отрицательный.

Следовательно, наиболее предпочтительным значением критерия структурного состояния (Ks) будет единица, когда градиент изменения механических свойств по глубине приповерхностного слоя будет равен нулю. Такое значение этого критерия указывает на отсутствие отрицательного градиента механических свойств в этом слое металла, что исключает когезионные вырывы фрагментов поверхности в условиях металлической связи при прорыве масляной пленки. С другой стороны, $Ks = 1$ обеспечивает максимально высокие механические характеристики поверхности трения в области положительных градиентов механических свойств, препятствующих повышенному механохимическому износу. Такие качественные характеристики приповерхностного слоя могут быть достигнуты за счет оптимального подбора активных присадок к базовым маслам для конкретных сталей и режимов трения. Разработанное нами смазочное масло хотя и обеспечивает самый низкий износ поверхностей трения образцов из стали 25ХГТ, но имеет еще резервы в улучшении противоизносных характеристик..

Таким образом, роль смазочного масла в трибопроцессе заключается также и в том, что физико-химическое взаимодействие масла с поверхностью не позволяет накапливаться упругой энергии в тонком приповерхностном слое путем облегчения выхода дислокаций на поверхность, при этом микротрещины могут аннигилировать. Происходит циклическая релаксация напряжений в приповерхностном объёме металла, деформированного трением.

Выводы. С использованием методов исследования процессов триборазрушения на **микро-** и **нано**уровнях разработана новая концепция оценки интенсивности изнашивания смазываемых стальных поверхностей трения по величине и распределению микромеханических характеристик в приповерхностном слое, деформируемом трением.

Предложен диагностический параметр износоусталостных процессов, которым является формируемый градиент микромеханических прочностных характеристик в приповерхностном слое стальных деталей в результате трения, выраженный через критерий структурного состояния Ks. Данный критерий может быть использован для оценки противоизносных и противозадирных свойств смазочных масел. Смазочные масла с высокими противоизносными характеристиками формируют в приповерхностном слое минимальные положительные градиенты микромеханических свойств.

Библиографический список

1. Костыгов В.Т. Оценка износостойкости смазываемых трибосопряжений по микромеханическим характеристикам приповерхностного слоя: Автореф. … дис. д-ра техн. наук. – Ростов н/Д, 2003. - 38 с.

2. Филипнова Н.А. Фазовый анализ руд и продуктов их переработки. 2-е изд. - М.: Химия, 1995. - 253 с.

3. Буяновский И.А., Захаров С.М. Смазка. // Основы трибологии. - М.: Машиностроение, 2001. - С.270-352.

Материал поступил в редакцию 29.11.06.

V.T.KOSTYGOV

CRITERION ANTIWEAR CHARACTERISTICS OF LUBRICATION OILS

It was suggested a new conception of identification of wear intensity of lubricated steel friction surfaces by size and distribut6ion of micromechanical characteristics in thin undersurface level, deformated by friction. Suggested criterion characterize antiwear features of lubrication oils.

КОСТЫГОВ Василий Тихонович (р.1951), доктор технических наук, профессор (2003) кафедры «Транспортные машины и триботехника» Ростовского-на-Дону государственного университета путей сообщения. Окончил РИИЖТ (1975).

Научное направление - микромеханика триборазрушений поликристаллических материалов.

Автор более 86 научных публикаций.

УДК 621.891

Н.С. КОЛЕВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТА

В принятой модели стружкообразования мы базировались на гидродинамических законах, а также на реологических явлениях при движении частиц тела относительно друг друга. Получены теоретические зависимости для определения давления на передней поверхности инструмента.
***Ключевые слова**: гидродинамические законы, реологические явления, давление.*

Введение. Трение, возникающее при обработке металлов резанием, есть трение деформации, при перемещении по поверхности резца все новых внутренних слоев металла под большом давлением.

Чтобы в должной степени оценить роль трения в процессе резания металлов, необходимо прежде всего установить, в каких участках это трение имеет место.

Экспериментальная часть. В случае простого прямоугольного резания (рис.1) стружкообразование рассматривается как двухмерный процесс, протекающий перпендикулярно режущей кромке инструмента, при котором полностью отсутствуют компоненты движения, параллельные режущей кромке.

Можно констатировать две области внешнего трения:

1)трение стружки о переднюю грань на участке ОА;

2) трение обрабатываемой детали о заднюю грань на участке ОВ.

Как видно из рис.1, режущий клин инструмента обтекается с двух сторон обрабатываемым материалом. По передней поверхности резца перемещается стружка со скоростью V_c, причем за-

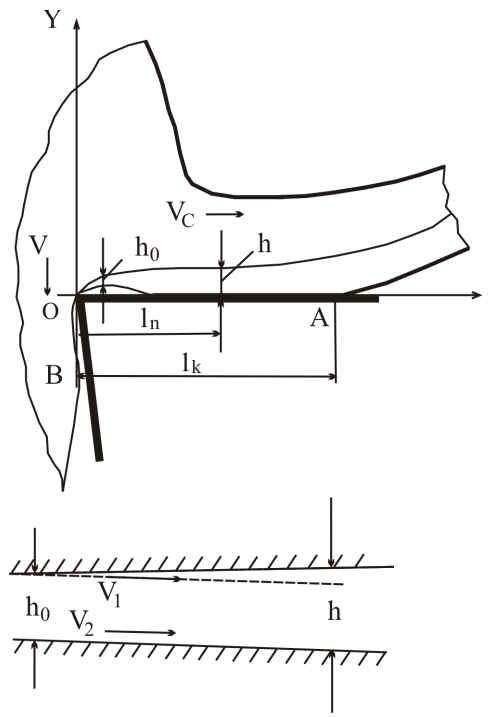


Рис.1. Схема образования стружки и приближенная модель вязкотекучего слоя

стойная зона усложняет ее движение, так как нижний прирезцовой слой несколько притормаживается, вызывая дополнительные напряжения в контактной зоне.

Рассмотрим процесс трения на передней поверхности инструмента (участок ОА, рис.1). Высокие температуры в контактной зоне вызывают сильное разупрочнение сливной стружки и приводят к падению ее вязкости. Это обстоятельство позволяет предположить, что между передней поверхностью резца и стружкой в зоне пластического контакта находится слой массы однородной структуры, который ведет себя как вязкая жидкость.

В принятой модели стружкообразования для определения сил трения и напряжений мы базировались на гидродинамических законах, а также на реологических явлениях при движении частиц тела относительно друг друга.

Реологическое поведение вещества зависит не только от деформаций и напряжений, но и от скорости деформаций, а также от скорости возникновения напряжений. В потоке вязкой жидкости напряжения зависят от скорости деформации: чем больше относительная скорость частиц жидкости, тем больше вязкое сопротивление.

В работе [1] приводится реологическое уравнение состояния вещества в следующем виде:

$$R(e,\beta)=0, \qquad (1)$$

где R - реологическая функция; e - тензор деформации; β - тензор напряжений.

Уравнение (1) имеет место для всех веществ, но различным веществам соответствует разная форма уравнения. Простейшими формами уравнения будут:

$$e\equiv 0;\ \beta\equiv 0.$$

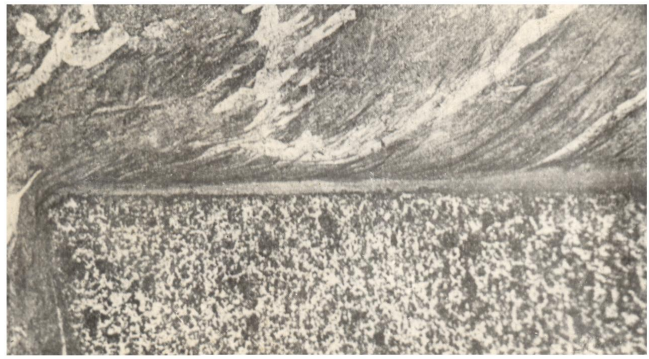
Какие вещества определяются этим уравнением?

Например, уравнение $e\equiv 0$ означает, что в теле нет никаких деформаций при любых действующих на тело силах. Такое тело можно назвать абсолютно твердым. Тем не менее, в принципе в природе нет абсолютно твердых тел.

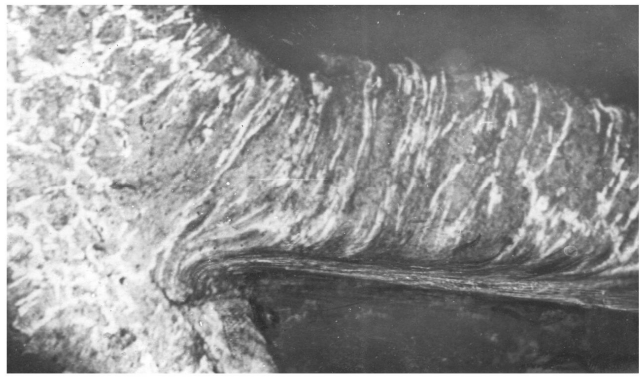
Ньютоновская вязкая жидкость является идеальным реологическим телом, которое с весьма большой степенью точности удовлетворяет экспериментальным данным для истинно вязких жидкостей [2, 3].

Совершенно очевидно, что физические явления, протекающие при деформации металла и чисто вязкой среды, существенно различны, однако зависимость сопротивления от скорости деформации имеет в обоих случаях близкий характер. Именно эта связь с точки зрения механики и выражает физические свойства среды.

На рис.2 показаны микрошлифы корней стружек, полученных после мгновенного прекращения процесса резания. Из снимков видно, что высокодеформированный бесструктурный прирезцовый слой стружки нелинейно возрастает по толщине вдоль передней поверхности резца.



а)



б)

Рис.2. Вязкотекучий слой при резании:
а) стали 40 со скоростью $V = 150$ м/мин (по Н.Н. Зореву);
б) стали 50 при точении

Обработка опытных данных показала, что толщина текучего слоя по длине пластического контакта (см. рис.2, а) приближенно изменяется по следующей закономерности:

$$h = h_0 + \alpha \cdot x\,. \qquad (2)$$

Согласно такому представлению напряжения при сходе стружки будут зависеть от скорости деформации и характера течения обрабатываемого материала. Касательные напряжения в этом случае подчиняются следующей зависимости:

$$\tau_{xy} = \eta \frac{dV}{dh}\,, \qquad (3)$$

где η - коэффициент динамической вязкости обрабатываемого материала;

$\frac{dv_x}{dy}$ - градиент скорости.

Как показали наблюдения за процессом резания при помощи оптического суппорта, на участке пластического контакта, помимо трения внутри вязкотекучего слоя, наблюдается проскальзывание нижних слоев стружки относительно инструмента.

Тогда касательные напряжения в зоне пластического контакта будут равны:

$$\tau_{пл} = \tau_{ху} + \tau_{внеш}. \tag{4}$$

Таким образом, в выражении (4) учитывается скорость проскальзывания стружки, которая на участке пластического контакта обуславливает внешнее трение.

В связи с этим градиент скорости по толщине вязкотекучего слоя будет $\frac{d\upsilon_x}{dy}$, и касательные напряжения в зоне пластического контакта можно выразить следующим уравнением:

$$\begin{array}{l} \tau_{пл} = \left[\eta \cdot \dfrac{d\upsilon_x}{dy} + \tau_{внеш} \right]; \\ d\upsilon_x = d \cdot \left(V_1 - V_2 \right), \end{array} \tag{5}$$

где V_1 - скорость стружки в верхнем слое текучего слоя; V_2 - скорость проскальзывания (в нижнем слое).

Для этой цели воспользуемся уравнениями пограничного слоя, которые имеют следующий вид:

$$\begin{array}{l|l} \upsilon_x \dfrac{\partial \upsilon_x}{\partial x} + \upsilon_y \dfrac{\partial \upsilon_x}{\partial y} = -\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\alpha P}{\partial x} + \nu \dfrac{\partial^2 \upsilon_x}{\partial y^2}; & \dfrac{\partial^2 \upsilon_x}{\partial y^2} = \dfrac{1}{\eta}\dfrac{\partial P}{\partial x}; \\ \nu \dfrac{\partial^2 \upsilon_x}{\partial y^2} = \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial P}{\partial x}; \quad \nu = \dfrac{\eta}{\rho}; & \dfrac{\partial P}{\partial y} = 0; \\ \dfrac{\eta}{\rho}\dfrac{\partial^2 \upsilon_x}{\partial y^2} = \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial P}{\partial x}. & \dfrac{\partial \upsilon_x}{\partial x} + \dfrac{\partial \upsilon_y}{\partial y} = 0. \end{array} \tag{6, 7, 8}$$

Граничные условия в рассматриваемой задаче будут иметь вид:

$$\begin{array}{l} при \;\; y = h; \quad \upsilon_x = 0; \;\; \upsilon_y = 0; \\ при \;\; y = h; \quad \upsilon_x = -U; \;\; \upsilon_y = 0. \end{array} \tag{9}$$

Согласно приведенной модели стружкообразования, представленной на рис.1, нами рассматривается плоская задача.

$$\begin{array}{l} \dfrac{\partial \upsilon_x}{\partial y} = \dfrac{1}{\eta}\dfrac{dP}{dx} y + C_1; \\ \upsilon_x = \dfrac{1}{\eta}\dfrac{dP}{dx}\dfrac{y^2}{2} + C_1 y + C_2. \end{array} \tag{10}$$

Из уравнения (8)

$$\frac{\partial \upsilon_y}{\partial y} = -\frac{\partial \upsilon_x}{\partial x}.$$

Проделав ряд преобразований, получим окончательные значения P_τ и P_N.

Окончательно выражение можно представить в следующем виде:

$$P_N = \frac{6\eta v_1}{\alpha h_0}\left[\frac{1}{1+\beta x} - \frac{1}{2(1+\beta x)^2}\right] + C. \qquad (11)$$

Уравнение (11) представляет закономерность распределения нормального давления на участке пластического контакта l_n.

Проделав некоторые преобразования и подставив предельные значения, получим:

$$P_\tau = \frac{\eta}{\alpha}(v_1 - v_2)\ln|1+\beta x| + \mu P_N x + \frac{6\eta v_1 \mu}{\alpha^2};$$
$$\left[\frac{2}{1+\beta\ x} + \ln|1+\beta x| - \frac{1}{2(1+\beta x)^2}\right] + P - \frac{3}{2}\frac{6\eta\mu v_1}{\alpha^2}. \qquad (12)$$

Выражения (11) и (12) отражают закономерность распределения нормального и касательного давлений в зоне пластического контакта с учетом трения внутри текучего слоя.

В таблице приводятся сопоставленные значения распределения нормального и касательного давлений, полученные экспериментальным путем и вычисленные по формулам (11) и (12). Эксперименты проводились при следующих условиях: резанию подвергалась сталь 40 при скорости резания $v = 16$ м/мин, подача $S = 0{,}2$ мм/об, глубина резания $t = 2$ мм. Инструмент, оснащенный пластинкой твердого сплава марки ВК8, имел следующую геометрию: $\gamma = 0°$; $\alpha = 10°$; $\varphi = 90°$; $\lambda = 0°$. Средний коэффициент трения $\mu = 0{,}46$, а коэффициент вязкости $\eta = 0{,}03 кг \cdot с / мм^2$. Начальная толщина вязкотекучего слоя $h_0 = 0{,}06$ мм, $\alpha = 0{,}2$.

Как видно из таблицы, результаты экспериментов довольно близки к результатам, вычисленным по формулам (11) и (12), и отражают закономерность распределения нормальных и касательных напряжений вдоль контакта стружки с резцом.

Сравнительная таблица значений распределения нормального и касательного давлений при резании

X, мм	P_N, кг/мм^2	P_τ, кг/мм^2
0,1	185/235	80/82
0,2	120/165	100/122
0,3	95/95	70/92
0,4	70/67	70/90
0,5	40/25	65/82

Необходимо отметить, что вычисленные значения напряжений по теоретическим зависимостям несколько завышены у лезвия и занижены в конце пластической зоны. Дело в том, что движение вязкотекучего слоя у вершины резца очень сложное и, как показывают микрофотографии корней стружек, вязкотекучий слой обтекает застойную зону.

Характер распределения напряжений по длине контакта неодинаков, так, например, касательные напряжения на передней поверхности у лезвия имеют максимальное значение на всем участке пластического кон-

такта, в то время как нормальные напряжения монотонно убывают от лезвия до выхода стружки из контакта с резцом.

Выводы: 1. Характер трения на передней и задней поверхностях различный. Так, на передней поверхности инструмента необходимо различать две области трения: пластическую - у лезвия инструмента и упругую – на выходе стружки у контакта.

2. В результате высоких давлений в пластической зоне наблюдаются застойные явления, что вызывает подслойное течение в материале стружки. Для описания механизма трения на этом участке нами была принята модель вязкотекучего слоя, предпосылки которой базируются на законах гидродинамики и реологических свойствах среды. Совершенно очевидно, что физические явления, протекающие при деформации металла и чисто вязкой среды, существенно различны, однако зависимость сопротивления от скорости деформации имеет в обоих случаях близкий характер. Именно эта связь, с точки зрения механики, и выражает физические свойства среды.

Библиографический список

1. Рейзер М. Десять лекций по теоретической реологии. – М.: ОГИЗ, 1947.
2. Колев Н.С. Теоретические и инструментальные исследования трения и изнашивания вольфрамокарбидных и титановольфрамокарбидных сплавов. Дис…. д-ра техн. наук. – Ростов н/Д, 1973. – 460 с.
3. Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968. – 390 с.

Материал поступил в редакцию 08.11.06.

N.S. KOLEV

USE OF HYDRODYNAMICAL THEORIES FOR DEFINITION OF PRESSURE ON THE CONTACT SURFACE OF THE TOOL.

In the accepted model of formation of chip we were based on hydrodynamical laws, and also on reological appearances taking place during relative movement of particles of the body. Theoretical expressions for definition of pressure on a true rake of the tool were obtained.

КОЛЕВ Николай Степанович (р.1817), профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструмент» ДГТУ. Окончил Новочеркасский политехнический институт (1942).
Научные интересы: изучение трения и износа твердосплавных материалов. Имеет более 160 научных публикаций.

ЭКОЛОГИЯ

УДК 502.7

В.И. БЕСПАЛОВ, Ю.Ю. МАКСЮКОВА

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Рассмотрены направления совершенствования методики определения комплексной оценки состояния застроенных территорий. Процедура комплексной оценки включает расчет экологического, экономического, социального показателей и объединение полученных значений в единый показатель. Для учета значимости перечисленных показателей на застроенной территории следует выделять соответствующие (промышленные, жилые и рекреационные) зоны.
Ключевые слова: *комфортность проживания, экономический ущерб окружающей среде, застроенная территория, социо-эколого-экономическое состояние.*

Введение. Вопросы комплексной оценки состояния застроенных территорий, комфортности условий работы и проживания населения с последующим учетом этих результатов в планах и программах развития занимают все большее место в комплексе задач охраны окружающей среды и экономики природопользования. Комплексная оценка состояния застроенных территорий базируется на детальном изучении видов и характера загрязнения окружающей среды, анализе источников техногенной опасности, определении экономического ущерба окружающей среде и здоровью населения, на расчете эффективности природоохранной деятельности.

Методические подходы к определению оценки состояния застроенных территорий предложены российскими учеными С.Б. Чистяковой [1], В.И. Смирновым и В.С. Кожевниковым [2] и др. Для объективного анализа воздействия техногенных объектов на окружающую среду и человека необходимо совершенствовать методы определения комплексной оценки.

Устойчивое развитие застроенных территорий охватывает три основных аспекта: экологический, социальный и экономический. Именно поэтому процедура комплексной оценки застроенных территорий должна включать, на наш взгляд, определение трех показателей: экономического, экологического и социального.

Метод. Суть экологического показателя состоит в характеристике материального и энергетического загрязнений. Социальный показатель характеризует состояние здоровья населения, условия жизни и работы, комфортности и благоустроенности исследуемой территории. Экономический показатель, с одной стороны, характеризует экономическую выгоду от функционирования на рассматриваемой территории объектов природопользо-

вания, а с другой стороны, - экологические, экономические, социальные и прочие потери, которые несет окружающая среда и население от загрязнения, создаваемого этими объектами. Эти потери, возникшие в результате хозяйственной деятельности человека, характеризуются экономическим ущербом окружающей среде.

При определении комплексной оценки значимость составляющих ее показателей меняется в различных районах города, поэтому нами предложено выделение на застроенной территории зон в зависимости от их функционального назначения: селитебных (жилых), промышленных, рекреационных.

Территории рекреационной зоны выполняют средозащитные и природоохранные функции, поэтому основным является экологический показатель, на втором месте стоит экономический и на третьем - наименее учитываемый в данном случае социальный показатель. На территориях промышленной зоны приоритетным является экономический показатель, далее рассматривается социальный и в последнюю очередь экологический. Для жилых застроек наиболее значимым является социальный показатель, менее учитываемые – экологический и экономический соответственно.

Для расчета экологического показателя нами использован критерий загрязнения, являющийся отношением фактического загрязнения к нормативному (фоновому):

$$З_j = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i^j}{ПДК_i^j}, \quad (1)$$

где C_i^j – величина фактического загрязнения, мг/м^3, мг/кг, дБ, В/м, мкР/ч;

$ПДК_i^j$ – допустимая величина загрязнения, мг/м^3, мг/кг, дБ, В/м, мкР/ч.

Для объединения критериев загрязнения отдельных компонент окружающей среды Зj в экологический показатель $К_{экол}$ использована формула

$$К_{экол} = (З_{атм}+1)^{B_з^{атм}} \cdot (З_{вод}+1)^{B_з^{вод}} \cdot (З_{поч}+1)^{B_з^{поч}} \cdot (З_{энерг}+1)^{B_з^{энерг}} - 1, \quad (2)$$

где $З_j$ – критерий загрязнения соответственно атмосферы, воды, почвы, энергетического загрязнения; $B_з^j$ – соответствующий весовой коэффициент.

Экономический показатель $К_{экон}$ исследуемого участка территории рассчитан нами по формуле

$$К_{экон} = \frac{У_{атм} + У_{вод} + У_{почв} + У_{энерг}}{З_{пред} + З_{возд} + Пл + Э_{эф}}, \quad (3)$$

где $У_j$ – ущерб, наносимый соответствующей компоненте окружающей среды, руб.; $З_{пред}$ – затраты, направленные на предупреждение загрязнения окружающей среды, руб.; $З_{возд}$ – затраты, образующиеся в результате воздействия загрязнения окружающей среды, руб.; Пл – плата природопользователя за загрязнение окружающей среды, руб.; $Э_{эф}$ – экономическая эффективность (выгода) от функционирования объектов природопользования, включающая налоги, платежи и прочие отчисления в городской бюджет, руб.

Социальный показатель зависит от комфортности работы и проживания населения, от благоустроенности территории, заболеваемости детей и взрослых неинфекционными заболеваниями.

Так как комфортность проживания (работы) населения в первую очередь определяется качеством окружающей среды, то социальный показатель $К_{соц}$ базируется на вероятности объединения заболевания и фактора загрязнения $Р(А_{комф}, В_{заб})$. Вероятность заболевания – отношение числа случаев заболевания к общему количеству населения. Вероятность фактора загрязнения зависит от критериев загрязнения $З_j$ тех компонент окружающей среды, ухудшение состояния которых влияет на возникновение соответствующего заболевания:

$$P\left(A_{комф}, B_{заб}\right) = e^{\left(-\sqrt[1]{\prod_j (З_j+1)^{B_З{}^j}}\right)} \cdot \frac{N_{заб}}{N_{нас}}, \qquad (4)$$

где $N_{заб}$ – число случаев возникновения соответствующего заболевания за год, чел.; $N_{нас}$ - общее количество населения, чел.

Тогда формула для социального показателя принимает вид

$$K_{соц} = \left[1 - \prod_{i=1}^{i} \left(1 - P_i(A_{комф}, B_{заб})\right)\right], \qquad (5)$$

где i – количество учитываемых неинфекционных заболеваний.

Объединение рассмотренных показателей в суммарную оценку позволяет определить отличие сформировавшегося социо-эколого-экономического состояния застроенных территорий от допустимого уровня. Для того чтобы объединить три анализируемых показателя в комплексную оценку, их следует привести к единой шкале. Каждый из трех показателей преобразован нами таким образом, чтобы область возможных значений определялась интервалом от 0 («плохо») до 1 («хорошо»). Для такого преобразования удобной и часто используемой в экологии и других науках является функция экспоненты [3]:

$$П_k = 1 - e^{(-1/K_k)}, \quad (6)$$

где K_k – экологический, экономический или социальный показатели соответственно.

Для того чтобы нормировать интервал значений от 0 до 1, нами использована функция желательности Харрингтона [4]. Специалистами доказано, что функция желательности может быть с успехом использована при оценке качества природных вод, при изучении действия загрязнения окружающей среды на экосистемы и пр. [3]. Значение функции желательности, равное 0,37, соответствует границе допустимых значений и согласуется с международной практикой нормирования и оценки загрязнения окружающей среды. Стандартные отметки на шкале желательности приведены в таблице.

Стандартные отметки на шкале желательности

Желательность	Отметки на шкале желательности
Очень хорошо	1,00 – 0,80
Хорошо	0,80 – 0,63
Удовлетворительно	0,63 – 0,37
Плохо	0,37 – 0,20
Очень плохо	0,20 – 0,00

Таким образом, если полученное значение показателей меньше 0,37, то можно сказать, что состояние застроенной территории с соответствующей позиции (экологической, экономической или социальной) неблагоприятно, и, если не применять мероприятия с целью улучшения существующего состояния, могут иметь место необратимые негативные изменения.

Для разработки мероприятий по улучшению комплексного состояния застроенной территории построена диаграмма комплексной оценки, по которой нами определены первоочередные проблемы (социальные, экономические или экологические). Значения показателей одного из трех факторов, на который следует обращать особое внимание, наиболее приближены к значению 0 по сравнению с остальными, причем большинство из этих значений меньше установленного порога 0,37.

Результаты исследований. На рис.1 и 2 показан пример построения диаграммы комплексной оценки состояния застроенной территории для условного города с населением 100 000 человек, где основными загрязнителями окружающей среды являются автотранспорт и промышленные объекты (чугунолитейное производство, химические предприятия, ТЭС) до и после использования мероприятий. Анализ диаграмм показал, что на существующее положение (см. рис.1) экологический, экономический и социальный показатели, рассчитанные для условного города, ниже порогового уровня. Исключение составляет рекреационная зона, которая попала в зону экономического благополучия, что говорит об отсутствии экономического ущерба окружающей среде на данной территории и социально благоприятных условиях, т.е. что именно эта территория наиболее благоустроенна и комфортна для проживания.

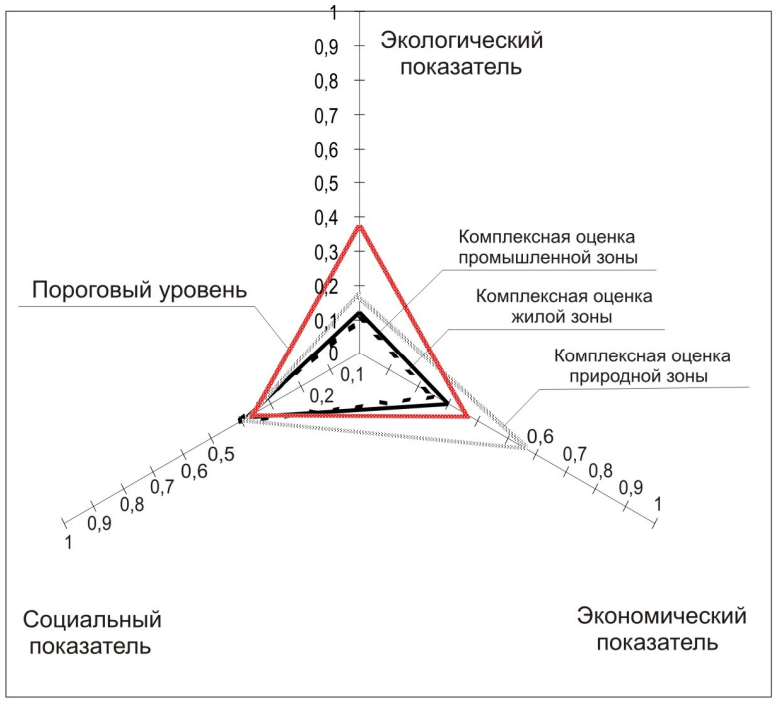


Рис.1. Диаграмма комплексной оценки для условного города при существующем положении

Рис.2. Диаграмма комплексной оценки для условного города после применения рекомендуемых мероприятий

После применения мероприятий (см.рис.2) экономические показатели всех территориальных зон условного города принимают значения, соответствующие относительному экономическому благополучию в резуль-

тате увеличения вложений в водоохранные, атмосфероохранные и прочие мероприятия, направленные на улучшение экологической обстановки города. Социальный показатель увеличился ненамного, но превысил пороговый уровень, что говорит о том, что при дальнейшем улучшении экологической обстановки и благоустроенности территории города заболеваемость детского и взрослого населения будет постепенно уменьшаться, а социальный показатель достигнет комфортного уровня. Экологический показатель после использования рекомендаций увеличился, но по-прежнему меньше установленного порога, что можно объяснить значительным вкладом в загрязнение окружающей среды автотранспорта и промышленных предприятий. Достижение благоприятных экологических условий возможно при дальнейшем использовании рекомендаций.

Другой важной задачей, которая решается при определении комплексной оценки, является построение карты комфортности застроенной территории.

Для объединения трех показателей, отражающих экологические, экономические и социальные факторы, в единый показатель нами использован метод, предложенный немецкими учеными для определения ЕКО-эффективности [5]. В методе используется специальный график, представляющий собой описание относительных показателей, где значения параметров, приближенные к 0, характеризуют наиболее неблагоприятное состояние застроенной территории, а значения, приближенные к 1 – наиболее благоприятное.

Территориальные зоны с самыми высокими экологическими, социальными и экономическими показателями – самые благоприятные.

На рис.3 показан пример определения комплексной оценки состояния застроенной территории для условного города до и после использования мероприятий.

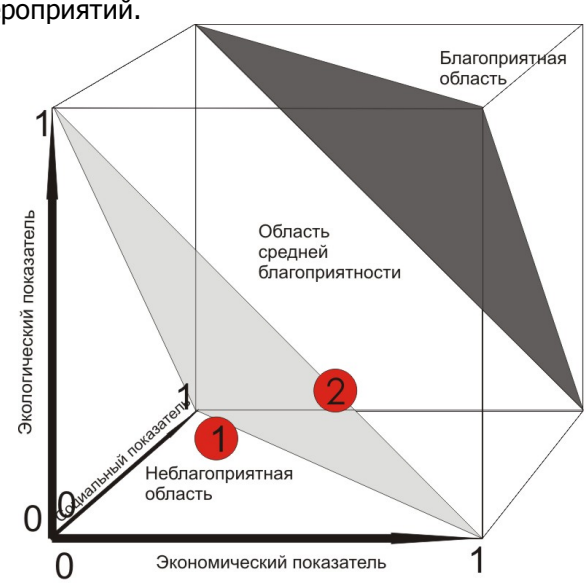


Рис.3. График комплексной оценки до (1) и после (2) применения мероприятий

Из рис.3 видно, что до применения соответствующих мероприятий комплексная оценка застроенной территории условного города находится в наиболее неблагоприятной области. После применения рекомендаций комплексная оценка состояния промышленной, жилой и рекреационной зон попадает в область средней благоприятности. Это говорит о том, что при дальнейшем использовании рекомендуемых мероприятий возможно достижение комфортного уровня.

Заключение. Усовершенствованная нами методика определения комплексной оценки апробирована для территории города Ростова-на-Дону. Официальные статистические и аналитические материалы отчетности о загрязнении окружающей среды и влиянии состояния окружающей среды на здоровье населения города Ростова-на-Дону за 2003 год подготовлены Комитетом по охране окружающей среды и природных ресурсов Администрации Ростовской области [6].

Методика комплексной социо-эколого-экономической оценки застроенных территорий города имеет существенное значение для решения вопросов снижения загрязнения городской среды, обоснования увеличения финансирования природоохранных мероприятий, улучшения комфортности проживания городского населения.

Библиографический список

1. Чистякова С.Б. Охрана окружающей среды. – М.: Стройиздат, 1988. - 272 с.

2. Смирнов В.И., Кожевников В.С. Математическая оценка застроенных территорий. – М.: Стройиздат. 1985. - 230 с.

3. Булгаков Н.Г., Левич А.П., Максимов В.Н. Региональный экологический контроль на основе биотических и абиотических данных мониторинга. // Экологический мониторинг. Часть 5. Учебное пособие / Под ред. проф. Д.Б. Гелашвили. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского ун-та, 2003. - С. 93-259.

4. Айвазян С.А. Функция желательности. Анализ качества жизни: http://www.hse.ru/journals/wrldross/vol01_4/Ivazian1.htm.

5. Peter Saling, Andreas Kicherer, Brigitte Dittrich-Kramer, Rolf Wittlinger, Winfried Zombik, Isabell Schmidt, Wolfgang Schrott and Silke Schmidt. Life Cycle Management. Eco-efficiency Analysis by BASF: The Method. // Строительство – 2006. Изд-во РГСУ. 2006.

6. О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2001 году: Экологический вестник Дона /Под ред. С.М. Назарова, В.М. Остроуховой, М.В.Паращенко. / Администрация Ростовской области, Комитет по охране окружающей среды и природных ресурсов Администрации РО. – Ростов н/Д, 2002. - 310 с.

Материал поступил в редакцию 07.11.06.

V.I.BESPALOV, J.J.MAKSJUKOVA

ENGINEERING TECHNIQUE OF THE COMPLEX ESTIMATION OF THE CONDITION OF THE BUILT UP TERRITORIES

In clause directions of perfection of a technique of definition of a complex estimation of a condition of the built up territories are considered. Procedure of a complex estimation includes calculation of ecological, economic, social parameters and association of the received values in a uniform parameter. For the account of the importance of the listed parameters in the built up territory it is necessary to allocate corresponding (industrial, inhabited and recreational) zones.

БЕСПАЛОВ Вадим Игоревич (р.1959), профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Инженерная защита окружающей среды» Ростовского государственного строительного университета. Окончил РГСУ (1981).
Научные интересы: безопасность труда, промышленная безопасность, теоретические и методические вопросы экологии, региональные аспекты экологии, безопасность жизнедеятельности, экономика природопользования, охрана окружающей среды.
Имеет более 30 публикаций.

МАКСЮКОВА Юлия Юрьевна ассистент кафедры «ИЗОС» Ростовского государственного строительного университета. Окончила РГСУ (2002).
Научные интересы: охрана окружающей среды, экономика природопользования.
Имеет 9 научных публикаций.

ЭКОНОМИКА

УДК 658.012

К.А. БАРМУТА

ВЛИЯНИЕ ИНВЕСТИЦИЙ В ИННОВАЦИОННУЮ СФЕРУ НА ПРИБЫЛЬ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ*

В условиях обострения конкурентной борьбы с иностранными компаниями постановка вопроса об определяющем влиянии инновационного развития отечественных предприятий на конечные результаты их деятельности становится особенно актуальной. Выявлен характер влияния инвестиций в инновационную сферу на объем продукции, работ и услуг и балансовую прибыль машиностроительных предприятий и определены условия максимизации эффекта от инновационной деятельности одной из основных отраслей промышленности Ростовской области.

Ключевые слова: *инновация, инновационная деятельность, инвестиции в инновационную деятельность, влияние инновационного развития предприятий на финансовые результаты их деятельности.*

Введение. Инновационный путь развития для России, как и для всего мира, является безальтернативной стратегией. Только на этом пути в условиях глобализации и стремительного движения мира к постиндустриальной цивилизации Россия может рассчитывать на достойное место в мировом сообществе. Признанием этой истины можно считать декларирование на уровне федеральных структур законодательной и исполнительной власти исключительной роли инноваций в преодолении экономического кризиса, возврате утраченных и завоевании новых рынков (включая внутренний), предотвращении дальнейшего развала технологической структуры промышленности, снятии угрозы необратимой деградации научной и образовательной сфер. Сюда же следует отнести растущий интерес к зарубежному опыту государственного содействия и обеспечения инновационных процессов.

В условиях обострения конкурентной борьбы с иностранными компаниями постановка вопроса об определяющем влиянии инновационного развития отечественных предприятий на конечные результаты их деятельности становится особенно актуальной.

Постановка проблемы. Между инвестициями в инновационную деятельность и прибылью предприятий существует взаимосвязь, что не подвергается сомнению ни в одной из работ по экономике предприятий. Различия

* Публикация подготовлена в рамках выполнения проекта «Инновационная деятельность как фактор развития промышленных наукоемких предприятий» по ведомственной научной программе «Развитие научного потенциала высшей школы» на 2005г. Минобрнауки России.

во взглядах связаны, в основном, с попытками определить характер данной взаимосвязи в зависимости от размеров предприятий, структуры рынка и ряда других факторов. Мировая практика показывает, что предприятия, которые расходуют на инновационное развитие больше средств, чем в среднем по отрасли, не только получают возможность роста прибыли сверх среднеотраслевого показателя рентабельности, но и берут на себя более высокие риски потерь на инвестированные средства. При принятии на себя больших расходов по инвестициям в инновационную сферу и большего риска предприятие может получить прирост прибыли, превышающий среднеотраслевые показатели по двум причинам. Во-первых, прирост прибыли может быть получен за счет большей эффективности новых проектов по сравнению с экстенсивным развитием производства. Во-вторых, при производстве новых продуктов и технологий возникает возможность извлечения более высокой прибыли за счет роста объема продаж.

Относительно высокая степень риска, присущая инновационной деятельности, и относительно длительные периоды окупаемости инвестируемых средств затрудняют их реализацию за счет долгосрочных кредитов. Поэтому в настоящее время основным источником инвестиций предприятий является прибыль. Анализ деятельности ряда предприятий Ростовской области показал, что отсутствие достаточного объема прибыли делает проблематичным осуществление технических нововведений, а на убыточных предприятиях техническое развитие практически отсутствует. Руководство предприятий вынуждено принимать решения по изменению техники, направленные в основном на сохранение возможности выпуска освоенной продукции, или, в лучшем случае, вносить незначительные изменения в производимые товары (замена цвета окраски, использование дешевых комплектующих и т.д.).

Возникает необходимость сопоставления затрат и результатов осуществления инновационной деятельности на предприятии.

Анализ состояния экономики Ростовской области. По уровню развития и разнообразию отраслей промышленности Ростовская область относится к ведущим в Российской Федерации. Наибольший удельный вес в 2004 году занимают машиностроение (29,5%), пищевая промышленность (23,9%), черная (8,6%) и цветная металлургия (4,0), электроэнергетика (14,6%). Многие предприятия области имеют общероссийское значение, являясь единственными или крупнейшими производителями отдельных видов продукции в стране.

В последние годы экономика Ростовской области имеет устойчивые темпы развития. По объемам производства область сохранила лидирующее положение среди регионов ЮФО. В десяти из одиннадцати ведущих отраслей отмечается рост выпуска продукции в натуральном выражении, в целом по промышленности индекс физического объема составил 117,1 % к уровню 2003 года.

По-прежнему значительный вклад в формирование показателей промышленной деятельности вносят предприятия машиностроения и ме-

таллургического комплекса. В машиностроении и металлообработке области выпуск товаров и услуг увеличен с начала 2004 года на 24,7 % по сравнению с 2003 годом. Доля продукции отрасли в общем объеме промышленного производства области превысила 29,5 % против 24,0 % в 2003 году.

По итогам года машиностроительный комплекс сохраняет лидирующие позиции в объеме промышленного производства области. Объем производства в отрасли увеличился к 2003 году на 24,7 % и в денежном выражении составил 46140,3 млн. руб.

Заметно улучшили показатели предприятия сельхозмашиностроения. Повышение спроса на сельскохозяйственную технику в связи с хорошим урожаем зерновых и подсолнечника способствовало росту производства зерноуборочных комбайнов в 1,5 раза, кормоуборочных комбайнов – в 1,4 раза, культиваторов – в 1,8 раза, приспособлений для уборки подсолнечника в ОАО «ТКЗ», сеялок и подборщиков ПРТ и РСМ в ОАО «Миллеровосельмаш». Больше произведено тракторных плугов в ОАО «Каменский машзавод», косилок в ОАО «Аксайкардандеталь» и ОАО «Морозовсксельмаш». В ООО «ТАГАЗ» в 5,1 раза выросло производство легковых автомобилей при одновременном обновлении их модельного ряда.

Определяющую роль в этой отрасли играет ООО «КЗ «Ростсельмаш». За 2004 год производство комбайнов увеличилось на 66,7% и составило 4538 шт.

В ООО «ПК «НЭВЗ», созданном на производственной базе ОАО «НПО «НЭВЗ», с начала 2004 года выпуск электровозов ЭП-1 увеличен более чем в 2,56 раза (54 электровоза), электрооборудования – на 51,6 %. Темп роста объемов производства ООО «ПК НЭВЗ» за 2004 год составил 228% по сравнению с показателями, достигнутыми ОАО «НПО «НЭВЗ» за 2003 год. Средняя заработная плата возросла на 48,4 %. Изготовлен новый электровоз 2ЭС5К («Ермак»), который проходит испытание и будет поставлен на производство взамен электровоза ВЛ80.

Предполагается, что рост экономики — процесс необратимый. Однако все больше специалистов сходятся во мнении, что российская промышленность практически исчерпала резервы девальвации, хотя цены на энергоносители на внутреннем рынке так и не были подняты до мирового уровня. Сегодняшний рост промышленности — это не что иное, как возвращение после падения на прежние позиции.

В развитых странах производственные технологии и оборудование полностью обновляются каждые 5-7 лет. Устаревшее оборудование консервируется или продается в менее развитые страны. Сегодня на донских предприятиях почти 80% оборудования устарело физически и морально. Действительно, в этой ситуации у российских производителей остается выбор: либо создавать конкурентоспособную продукцию, либо уповать на очередной дефолт.

Следует подчеркнуть, что для развития производства и внедрения современных технологий предприятиям необходимы инвестиции. Начиная с 1999 года в Ростовской области происходит рост объемов инвестиций в

основной капитал. Так, инвестиции возросли с 11,1 млрд. рублей в 1999 году до 38,6 млрд. рублей в 2003 году и 43,4 млрд. рублей в 2004 году. В 2005 году прогнозируется рост объемов инвестиций до 112,5 процента. Доля инвестиций в основной капитал в валовом региональном продукте колеблется от 19 до 21 процента.

В отраслевой структуре инвестиций большой удельный вес занимает промышленность, однако ее доля в общем объеме инвестиций снижается. Так, в 2000 году она составила 41,3 процента общего объема инвестиций, в 2001 году – 34, в 2002 году – 30,3, в 2003 году – 21,6, в 2004 году – 23,5. Растет объем инвестиций в таких отраслях, как машиностроение, пищевая промышленность, промышленность строительных материалов, черная металлургия, нефтеперерабатывающая промышленность.

Таким образом, экономика Ростовской области прошла первый этап вхождения в рынок. Сегодня на первое место вышли товары массового спроса. И это вполне закономерный процесс при низкой платежеспособности большей части населения и самих предприятий. Лидирующими становятся высокотехнологичные производства. В этом плане у донской экономики неплохой потенциал. Объемы производства сложной техники превышают объемы производства в пищевой отрасли. Когда эта техника будет конкурентоспособной не только на внутреннем, но и на внешнем рынках, тогда можно говорить о том, что экономический рост в нашем регионе — процесс действительно необратимый.

Влияние инновационных затрат и затрат на НИОКР на объем производства и балансовую прибыль предприятий машиностроения. Рассмотрим особенности инновационной деятельности предприятий одной из основных отраслей промышленности Ростовской области – машиностроения и металлообработки.

Выбор машиностроения как одной из ведущих отраслей в сфере инноваций не случаен и обусловлен рядом существенных факторов. Во-первых, почти половина инновационно-активных предприятий приходится на машиностроение, именно здесь больше всех продукция подвергается техническим изменениям и происходит внедрение новой техники. Во-вторых, из всех затрат промышленности области на инновационную деятельность около 65 % приходится на машиностроение. И, в-третьих, доля машиностроительных предприятий Ростовской области, занимающихся созданием новых образцов, составила более 80 % отрасли.

По отрасли были собраны данные в Ростовском областном комитете государственной статистики за период 2000 - 2004 гг. в квартальном разрезе. С целью обеспечения сопоставимости данных за различные периоды они были приведены на основе среднеквартальных курсов доллара США. Анализ собранных данных проведен при помощи стандартного аппарата статистической обработки информации MS Excel 2000 с использованием методов графической интерпретации происходящих инновационных процессов.

Для анализа машиностроительной отрасли промышленности было взято 150 предприятий Ростовской области, относящихся к крупным и средним, представляющих собой самостоятельные хозяйствующие субъекты.

Для выявления формы связи между затратами в сфере инноваций и показателями объема производства предприятий и их прибыли / убытков было проведено ранжирование фактических данных за 5 лет. Далее показатели были выстроены в порядке возрастания инновационных затрат и им были сопоставлены значения объема выпуска продукции (работ, услуг) и балансовой прибыли / убытков (таблица).

Основные показатели деятельности ряда предприятий машиностроения и металлообработки Ростовской области в сфере инновационной деятельности и НИОКР в поквартальной разбивке, млн. долларов США

Кварталы	Число выбранных для исследования промышленных предприятий	Объем продукции (работ, услуг)	Балансовая прибыль/ убыток	Инвестиции в инновационную деятельность	
				Всего	В том числе машины и оборудование
1	150	47,916	-1,529	0,950	0,651
2	150	77,440	-0,117	1,148	0,601
3	150	30,072	1,822	1,278	0,646
4	150	33,554	2,033	1,426	0,720
5	150	61,892	6,809	1,456	0,708
6	150	86,231	-2,752	1,710	1,171
7	150	49,109	2,976	2,087	1,054
8	150	147,179	-0,223	2,182	1,142
9	150	56,280	3,411	2,392	1,208
10	150	123,157	-3,930	2,443	1,673
11	150	134,100	-4,279	2,660	1,821
12	150	236,850	-0,359	3,511	1,838
13	150	243,385	-0,369	3,608	1,889
14	150	109,235	-18,117	3,640	1,384
15	150	155,839	17,145	3,665	1,782
16	150	217,733	23,955	5,121	2,490
17	150	180,296	-29,903	6,007	2,284
18	150	199,244	-33,046	6,639	2,524
19	150	298,811	32,875	7,028	3,417
20	150	223,886	-37,133	7,460	2,836

На рис.1 графически представлена вышеописанная зависимость. Кроме того, на основе экспоненциальной и полиномиальной линий тренда была выявлена зависимость между основными показателями.

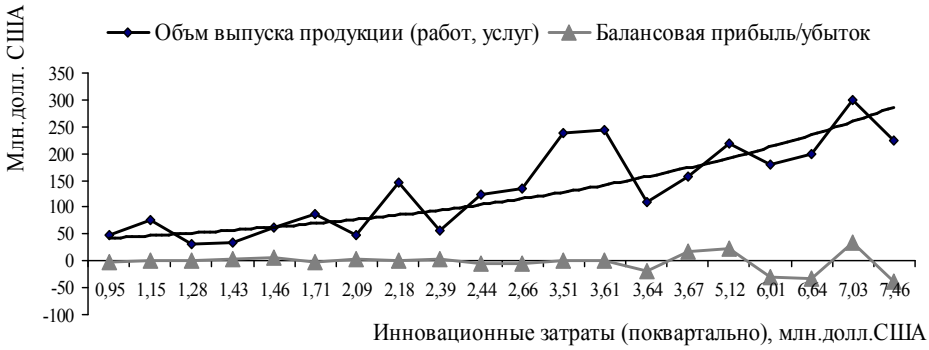


Рис.1. Влияние общей суммы инновационных затрат на основные показатели машиностроительных предприятий

Влияние совокупных инновационных затрат на объем выпуска продукции (работ, услуг) при коэффициенте аппроксимации $R^2 = 0,7167$ может быть формализовано следующим образом:

$$Y_{м1} = 38,194 * e^{0,1009 X т}, \quad (1)$$

где $Y_{м1}$ – объем выпуска продукции (работ, услуг), млн. долларов США;

$X_Т$ – инновационные затраты предприятий в поквартальной разбивке, млн. долларов США.

Влияние совокупных инновационных затрат на балансовую прибыль /убытки при коэффициенте аппроксимации $R^2 = 0, 8043$ может быть представлено следующим образом:

$$Y_{м2} = - 0,0108 * X^3_Т + 0,2451 * X^2_Т - 1,5708 * X_Т - 3, 0773, \quad (2)$$

где $Y_{м2}$ – величина балансовой прибыли / убытков по предприятиям машиностроения, млн. долларов США.

На рис.2 графически представлена вышеописанная зависимость для случая выделения НИОКР в структуре инновационных затрат. Кроме того, на основе экспоненциальной и полиномиальной линий тренда была выявлена зависимость между показателями.

Рис.2. Влияние суммы затрат на НИОКР на основные показатели машиностроительных предприятий

Влияние совокупных затрат на НИОКР на объем выпуска продукции (работ, услуг) при коэффициенте аппроксимации $R^2 = 0,7709$ может быть представлено следующим образом:

$$Y_{м3} = 36,72 * e^{0,1046\ Xd}, \quad (3)$$

где $Y_{м3}$ – объем выпуска продукции (работ, услуг), млн. долларов США;

X_d – расходы на НИОКР предприятий в поквартальной разбивке, млн. долларов США.

Влияние объема затрат на НИОКР на балансовую прибыль / убытки при коэффициенте аппроксимации $R^2 = 0,5604$ может быть представлено как

$$Y_{м4} = 0,0196*X^3_d - 0,6005*X^2_d + 4,4807*X_d - 6,1968, \quad (4)$$

где $Y_{м4}$ – величина балансовой прибыли / убытков по предприятиям машиностроения в зависимости от затрат на НИОКР, млн. долларов США.

Уравнения (1) и (2), (3) и (4) составляют пару случаев мнемонического описания сложившихся в машиностроительной отрасли промышленности Ростовской области зависимостей между затратами, направляемыми в инновационную сферу, и результатами деятельности средних и крупных предприятий.

Выявленная на основе уравнений (1) и (2) зависимость представлена на рис.3. График демонстрирует на основе просчитанных уравнений тенденций по факторам, величины объема производства и балансовой прибыли, которые могут быть достигнуты при осуществлении инвестиций в инновационную деятельность предприятий.

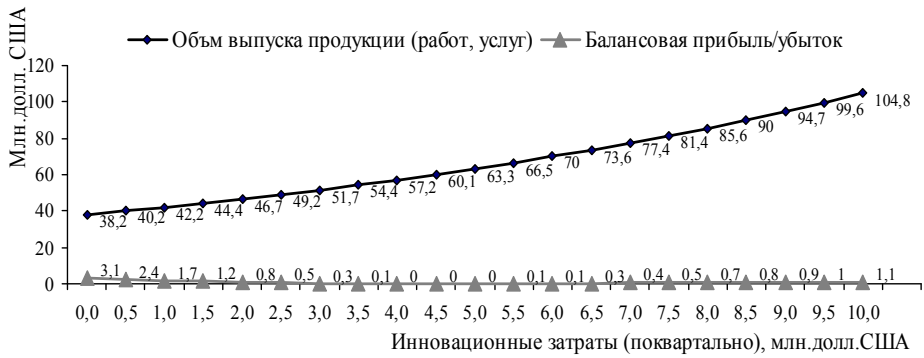


Рис.3. Влияние инвестиций в инновационную сферу предприятия на объем продукции (работ, услуг) и балансовую прибыль крупных и средних предприятий машиностроения Ростовской области

Значимым является то, что прогноз позволил выделить «мертвую зону» роста инновационных затрат. Первоначальный рост вложений от 0 до 3,5 млн. долларов США дает понижающуюся отдачу; вложения от 4 до 5 млн. долларов США дают нулевую прибыль, переходящую в убытки; начиная от 5,5 млн. долларов США рост балансовой прибыли составляет 0,1 млн. долларов США на каждые 0,5 млн. долларов США инвестированных средств. Это происходит на фоне поступательного роста объемов производства и реализации.

Выявленная на основе уравнений (3) и (4) зависимость представлена на рис.4.

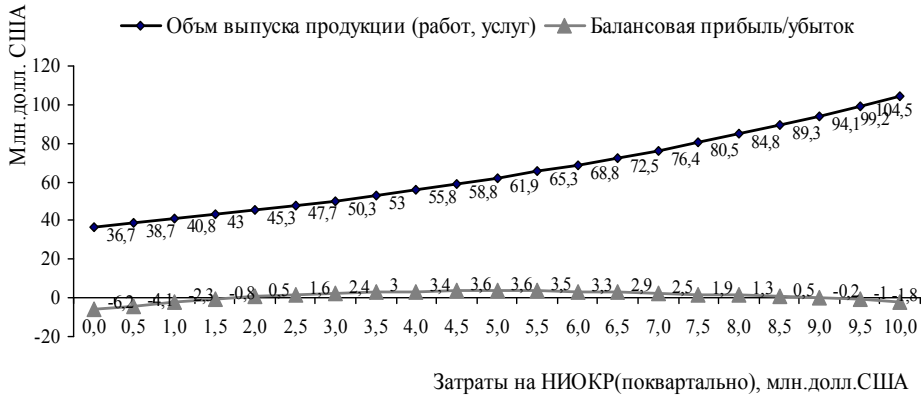


Рис. 4. Влияние инвестиций в инновационную сферу (НИОКР) предприятия на объем продукции (работ, услуг) и балансовую прибыль крупных и средних предприятий машиностроения Ростовской области

На основе просчитанных уравнений тенденций по факторам график демонстрирует величины (прогнозируемые) объема производства и балансовой прибыли, которые могут быть достигнуты при осуществлении инвестиций только в НИОКР предприятий.

Прогноз дал интересные результаты, абсолютно противоположные схеме, представленной на рис.3. НИОКР как составная часть любой инновации демонстрирует положительное влияние на прибыль только в диапазоне от 2 до 8,5 млн. долларов США инвестиций. Отсутствие инвестиций в НИОКР дает значительные потери балансовой прибыли; вложения небольших сумм в масштабах отрасли (до 2 млн. долларов США) в НИОКР неэффективно; а после достижения определенного уровня инвестиции в НИОКР уже не дают ощутимой отдачи.

Выводы. Полученные результаты дают нам ориентиры эффективности вложений в предприятия машиностроительного комплекса. Однако в предлагаемом прогнозе весьма ощутимо влияние сложившейся за анализируемый период структуры затрат. Оптимизация последней на большинстве промышленных предприятий значимо изменит полученный прогноз.

Кроме этого, реальная ситуация, сложившаяся в экономике Ростовской области, требует структурной перестройки промышленности, которую следует начинать именно с машиностроения как наиболее перспективной отрасли в сфере высоких технологий, сдерживаемой внутренними ограничениями.

Материал поступил в редакцию 30.11.06.

K.A. BARMUTA

INFLUENCE OF THE INVESTMENTS IN INNOVATION SPHERE ON PROFIT OF THE MACHINE-BUILDING ENTERPRISES OF THE ROSTOV AREA

In conditions of an aggravation of competitive struggle with the foreign companies the production of a question about determining influence of innovation development of the domestic enterprises on final results of their activity becomes especially urgent. The character of influence of the investments in innovation sphere on volume of production is revealed, of works and services and balance profit of the machine-building enterprises and the conditions of maximum effect from innovation activity of one of the basic industries of the Rostov area are determined.

БАРМУТА Каринэ Александровна, доцент (2005) кафедры «Экономика и менеджмент» ДГТУ, кандидат экономических наук (2001). Окончила ДГТУ (1998) по специальности «Экономика и управление на предприятии машиностроения».
Научная деятельность связана с инновационными и инвестиционными процессами на машиностроительных предприятиях.
Автор 30 научных публикаций.

УДК 330.101

Л.В. ЗГОННИК

ПОЛИТЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА КОРПОРАЦИЙ

Корпоративный человеческий капитал структурно состоит из общего, специального и узкоспециального капитала. С функциональной точки зрения возможность расширенного воспроизводства корпоративного человеческого капитала обеспечивается согласованием интересов труда и потребления. Степень реализации узкоспециального капитала зависит от степени эффективности управления процессами согласования частных интересов работников и интересов корпорации.
Ключевые слова: *общие, частные и корпоративные интересы, система интересов труда и потребления, общий, специальный и узкоспециальный человеческий капитал.*

Введение. Персонифицированный характер управления делает актуальным выявление сущностных особенностей поведения наемных работников корпораций с учетом уровня их квалификации, психоэмоциональных особенностей приложения знаний и навыков, то есть уровня дифференциации их человеческого капитала. Концептуальное обоснование направлений повышения эффективности управления человеческим капиталом корпораций предполагает рассмотрение механизма функционирования частных, корпоративных и общественных экономических интересов и определение возможных мер по разрешению их противоречивого взаимодействия с точки зрения влияния на процессы воспроизводства корпоративного человеческого капитала.

Структурная характеристика системы экономических интересов. Сложная субъектная структура современных социально-экономических отношений определяет многообразие экономических интересов, которое формируется под воздействием, с одной стороны, исторически сложившихся отношений присвоения материальных и социальных благ и объективных институциональных границ их реализации. С другой – задается внутренними субъективными характеристиками и свойствами субъектов экономической активности, определенных социально-стратовой средой.

Значительная роль субъективного фактора функционирования системы экономических интересов относится к числу факторов, осложняющих решение проблемы согласования экономических интересов. Дифференциация личного и общественного экономических интересов может осуществляться по временному фактору, но не как статическое явление, а как процесс, представляющий собой социализацию, экономико-социальную адаптацию личности к конкретно-историческим условиям и статусно-ролевому положению. Социализация предполагает вовлечение субъекта в институциональную социокультурную среду посредством освоения потенциально

реализуемых ролей и, как следствие, появление потребностей более высокого иерархического уровня.

Мы исходим из того, что личные экономические интересы являются первичным элементом системы интересов. Они синтезируют индивидуальные потребности как их материальную основу, включая потребности в присвоении результатов труда, необходимые для личностного самовоспроизводства.

Частные экономические интересы детерминированы временными рамками и качественным содержанием процесса социализации, расширением сферы частного присвоения, а следовательно, характеризуются большей динамичностью. Основное «поле» реализации частных экономических интересов представляет сфера субстантивной экономики (substantive economy), связанной с жизнеобеспечением человека.

Реализация общественных интересов осуществляется посредством деятельности ассоциированных (организации, предприятия, корпорации и др.) и простых хозяйствующих субъектов (отдельные наемные работники) и на практике проявляется в рамках функционирования механизма экономического стимулирования со стороны государственных институтов и корпораций, сопряжения реализации внешней и внутренней политики корпораций интересам наемных работников и в целом общества.

Корпоративные экономические интересы можно представить как подсистему общественных экономических интересов, непосредственно опирающуюся на материальную составляющую интереса. Экономические интересы работников, техноструктуры и собственников корпораций, направленные на получение максимального дохода, образуют корпоративные интересы. Их частные интересы будут дифференцироваться по временному фактору, объекту (материальные, социальные, духовные), по характеру трудовой деятельности, отношению к условиям и результатам производства и т.д. Около 60 % заработной платы российских трудящихся незаконно присваивается крупным капиталом и в значительной мере вывозится из страны. Российский предприниматель, получая рубль прибыли, 10 копеек возвращает рабочим. На Западе из доллара прибыли 80 центов получает общество, а лишь – 10-15 % предприниматель [3, с. 11].

Значимость проблемы перераспределения экономико-властных ресурсов, доминирование корпоративных интересов ряда субъектов национального капитала над государственными позволяет выделить в рамках корпоративных экономических интересов группы специальных интересов, коррелирующих с властными интересами и формирующими так называемую «элитную экономику». Удовлетворение потребности самовоспроизводства в индивидуальном масштабе и в целом потребности поддержания необходимого уровня человеческого потенциала и воспроизводства человеческого капитала является связующим звеном индивидуальных, частных, общественных, государственных экономических интересов.

Трансформация формально-институциональных границ использования фактора производства «труд» выступила стимулом усиления противо-

речий интересов труда и потребления особенно в рамках обеспечения воспроизводства человеческого капитала. Константность экономических интересов труда и потребления может быть объяснена посредством «интраэкономической модели поведения человека», объясняющей диспаритет субъективных и объективных оценок затрат деятельности человека и полученных результатов. В частности, эффект выбранной альтернативы создает иллюзию прибыльности, что субъективно нивелирует психические, энергетические затраты.

Функционально интересы труда и потребления противоречат, но в то же время являются схожими в соответствии с принципом «опосредующих звеньев», и таким «звеном» выступает потребность в расширенном воспроизводстве человеческого капитала.

Согласование экономических интересов в системе воспроизводства человеческого капитала корпораций. Для российской науки и практики категория «человеческий капитал» является достаточно новой, что подтверждает отсутствие ее категориально-методологической определенности. Проблема воспроизводства человеческого капитала стала активно разрабатываться во второй половине прошлого столетия и связана, прежде всего, с исследованиями Т. Шульца и Г. Беккера. На исследования последнего ссылаются в рамках дифференциации человеческого капитала на общий (перемещаемый) и специфический (неперемещаемый). Общий человеческий капитал включает универсальные знания, приобретаемые в образовательных учреждениях, в том числе общие профессиональные (специализированные) знания. «Специальный капитал связан с конкретной организацией: знания миссии фирмы, ее организационной структуры и схемы управления, особенностей рабочего места, клиентов фирмы; практические навыки использования знаний в выполнении той или иной работы» [8, с. 14-15].

Воспроизводство общего и специального человеческого капитала в рамках корпорации порождает противоречия частных, индивидуальных и корпоративных экономических интересов, усиливает разновекторность взаимодействия корпорации с внешней средой, особенно в отраслевых границах. В частности, общий человеческий капитал может быть воспроизведен и отчужден в пользу любого хозяйствующего субъекта, способствуя реализации как корпоративных, так и общественных экономических интересов. То же можно сказать и о части специального человеческого капитала, интеллектуальная наполняемость которой соответствует специфике функционирования фирм той или иной отрасли.

Воспроизводство общего и специального человеческого капитала на уровне корпораций происходит на основе функционирования каналов информационных ресурсов и предопределяется существованием «зависимости от предшествующей траектории развития» (path-dependence). Соответственно, воспроизводство человеческого капитала происходит посредством двустороннего взаимодействия субъекта-носителя капитала с корпорацией и с внешней средой. Объяснить это можно следующим образом.

Человеческий капитал может быть структурирован с точки зрения формы проявления как частный (индивидуальный), корпоративный и общественный, которые системно взаимодействуют. Частный капитал образуется на основе воспроизводства общего человеческого капитала. Однако его объем и уровень в каждом конкретном случае будет зависеть от способности человека «усваивать» инвестиции, аккумулировать их результаты и потребности, пролонгировать их в рамках самовоспроизводства, самообразования и т.д. В данном случае значительную роль играют ментальные характеристики носителя человеческого капитала [6].

Необходимо различать специальный капитал, формируемый в результате практической деятельности человека, реализации способностей к труду, и узкоспециальный человеческий капитал, представляющий совокупность, с одной стороны, психоэмоциональных, мотивационных, ментальных установок, а с другой – накопленные человеком общие и специфические знания, навыки, способности. Обладание работниками узкоспециализированным человеческим капиталом повышает степень согласованности корпоративных экономических интересов и частных, так как именно узкоспециальный капитал несет в себе заряд отраслевой конкурентоспособности корпорации.

Специальный и узкоспециальный человеческий капитал отличаются по временному фактору формирования: последний имеет больший период образования и окупаемости. Подтверждением может служить тот факт, что, как правило, в организациях менее эффективны работники, только что включившиеся в процесс производства, несмотря на то, что они имеют более высокий образовательный уровень. Одновременно узкоспециальный капитал менее ликвиден на рынке труда, чем общий или специальный. С одной стороны, это согласуется с корпоративными интересами, так как обеспечивает повышение производительности труда, рост социально-экономической эффективности работы корпорации, при поддержании необходимого уровня его воспроизводства сокращает степень риска возможных убытков при увольнении работника.

С другой стороны, для наемного работника акцентирование на процессах формирования и воспроизводства узкоспециального человеческого капитала (за исключением первоначального этапа работы) впоследствии может привести к снижению конкурентоспособности на рынке труда и деформации, уменьшению определенной части общего человеческого капитала (в частности, фонда здоровья) при переходе в аналогичную отраслевую компанию. Причина этого заключается в разном уровне корпоративной социальной ответственности, системе управления, организационной культуры и т.д., которые образуют внутреннюю метаконкуренцию неформальных норм работника и, как следствие, состояние дистресса. При этом в 1990-е гг. 40% российских работников сменили профессию. Этот процесс был по праву назван Р. Капелюшниковым «великой реаллокацией человеческого капитала». За 1997-2005 гг. численность специалистов высшего уровня квалификации выросла почти на ⅓, служащих, занятых подготовкой

информации, и квалифицированных рабочих – примерно на 10 %, неквалифицированных рабочих стало меньше на 15 %, сельскохозяйственных рабочих – на 40 %. В России обнаруживается непропорционально много работников, с одной стороны, с самой высокой и, с другой – с самой низкой квалификацией. В составе российской рабочей силы по-прежнему широко представлены работники физического труда: общее соотношение между «белыми» и «синими» воротничками составляет 55 % против 45 %, тогда как в Чехии – 58 % против 42 %, в Германии – 67 % против 33 % [4, с. 25, 27].

Следовательно, противоречие корпоративных экономических интересов и общественных на рынке труда не обеспечивает воспроизводство человеческого капитала в целом. Достижение оптимума корпоративных и общественных экономических интересов будет достигнуто в рамках функционирования социально ориентированного механизма отчуждения прав собственности на составляющие человеческого капитала корпораций, так как кругооборот воспроизводства последнего имеет отправной точкой частный (индивидуальный) человеческий капитал, в частности самооценку работника. Необходимо также учитывать и действие закона снижающей предельной отдачи при наращивании человеческого капитала, а именно: «каждое последующее приращение человеческого капитала будет производить все меньшее приращение производительности труда» [7, с. 8].

Действие данного закона наиболее наглядно проявилось в перестроечный период на государственных предприятиях. На макроуровне государство не имело концепции формирования рынка трудовых ресурсов, финансирование программ занятости практически не осуществлялось. В результате персонал государственных предприятий сохранял рабочие места «в силу собственной позиции конформно-ожидательной пассивности» [2, с. 333]. Таким образом, формирование и реализация социально ориентированного механизма отчуждения прав собственности на человеческий капитал позволит обеспечить функционирование последнего как «зоны устойчивости» взаимодействия, реализации общественных и корпоративных экономических интересов. Мы имеет в виду воспроизведение человеческого капитала как социально-экономического качества человеческого потенциала в макромасштабе и одновременно его использование на микроуровне (внутренний маркетинг персонала) для получения дополнительной прибавочной стоимости.

Значительная роль субъективной составляющей ставит под сомнение возможность стоимостной оценки человеческого капитала. Проблема количественных оценок инвестиций в человеческий капитал имеет непосредственное отношение к проблеме материальной заинтересованности процесса труда. Значимость последней на современном этапе объясняется сокращением объема «интеллектуальной» мотивации, мотивации достижений и увеличением роли инструментальной мотивации, предполагающей рассмотрение труда как средства реализации интересов потребления. Согласно данным ВЦИОМ, до 1989 г. 14-15% россиян относились к первому

уровню мотивации трудовой деятельности (работа важна и интересна независимо от оплаты), 50 % - ко второму (работа дело важное, но не настолько, чтобы заслонить другие стороны жизни), 4-5% - к четвертому уровню (работа представляет неприятную обязанность), остальные – к третьему (работа является источником средств существования). В 1993 г. на третьем уровне находилось 58 % россиян, а в 1994 г. – около 70 % [2, с. 335]. В современный период сокращение значения интеллектуальной мотивации, наложенное на «трагедию краха ожиданий» населения, ведет к усилению дисбаланса «институциональный контроль – индивидуальная ответственность». Это сокращает персональную мотивацию к накоплению индивидуального, узкоспециального человеческого капитала.

Не отрицая значимости и актуальности проблемы количественного определения инвестиционной составляющей воспроизводства человеческого капитала, мы придерживаемся позиции необходимости качественного обоснования инвестиций в силу большой субъективности и неотделимости человеческого капитала от его носителя. Качественная оценка предполагает учет ментальной, мотивационной составляющий воспроизводства человеческого капитала, что на корпоративном уровне позволит нивелировать противоречия индивидуальных, частных, групповых экономических интересов и интересов корпорации. В свою очередь, проследить качественный уровень инвестиций в человеческий капитал корпораций возможно посредством анализа процессов формирования и реализации миссии компании. Объясняется это тем, что современные российские бизнес-группы функционируют на основе не только акционерного, но и неимущественного типа координации [1]. Последний также имеет историко-ментальную предрасположенность и доминирует в силу значительной роли фактора социальной устойчивости в отличие от зарубежных оценок уровня жизни.

Установление социальной доминанты реализуемой корпорацией миссии во внешней и внутренней среде обеспечивает оптимизацию преодоления конфликтов экономических интересов собственников факторов производства «труд», «знания, информация» и «капитал» за счет увеличения степени соответствия ментально-мотивационных характеристик наемных работников и, как следствие, их человеческого капитала и уровня конкурентоспособности организации и управления деятельностью корпорации. Также гармонизация экономических и социальных целей деятельности корпорации способствует повышению производительности труда в первую очередь за счет увеличения значимости интеллектуальной мотивации. Так, например, IBM гарантирует переподготовку работника в случае смены профессии. В 2002 г. Ferrari запустили программу Formula Uomo (создание архитектурно-адаптируемых и экологичных рабочих мест), «Творческий клуб» (проведение мастер-классов с людьми творческих профессий); Abbott Technologies вкладывает в здравоохранение сотни миллионов долларов и оплачивает расходы на здравоохранение в среднем из расчета по 1,6 иждивенца на каждого сотрудника.

На корпоративном уровне нерешенность проблемы обеспечения оптимума социальной и экономической составляющих материальной удовлетворенности трудом порождает ряд ролевых конфликтов, противоречий между субъектами корпоративных отношений. К причинам данной ситуации относится, во-первых, утрата престижным потреблением стабилизирующей функции. Во-вторых, культивируемая атмосфера «потребительских инстинктов», формирование и революционное привнесение институтов меркантилизации социально-экономических отношений противостоят требованиям упорядоченного производства, способствуя усилению противоречий интересов труда и потребления. К числу «внутренних» причин усиления отрицательных аспектов противоречия интересов труда и потребления можно отнести отсутствие должной практики применения коэффициентов трудового участия и несоблюдение системой управления корпорации принципа социальной солидарности. Последний предполагает оптимизацию внутрикорпоративного разделения труда по персональным и функциональным признакам, а также мотивации персонала и системы взаимной социально-экономической ответственности корпорации и ее каждого сотрудника.

Практика зарубежных компаний свидетельствует о наличии в трактовке С. Курганского «организационной социализации», то есть совпадениия ценностей, отношений и норм у работников со средним для предприятия в целом значением. «В таком случае становится возможным говорить о «социальной ренте», которая может быть извлечена за счет дополнительной прибыли, возникающей за счет использования благоприятных условий социальной организации» [5, с. 81]. В свою очередь, количественное и качественное соотнесение активов человеческого капитала на уровне корпорации стимулирует повышение социально-экономической эффективности субъектов общественных отношений и «сглаживает» противоречия в результате диспропорций формирования, использования и воспроизводства человеческого капитала.

Следовательно, необходимо говорить о повышении социальной ответственности корпораций, легитимации социального порядка, что обеспечит повышение степени достоверности прогнозов функционирования системы экономических интересов на корпоративном уровне, достижение оптимума внутрикорпоративной системы мотивации и стимулирования и, как следствие, воспроизводство узкоспециального человеческого капитала.

Выводы. Реализация частных, корпоративных и общественных экономических интересов является взаимоопределяющей. Функционально механизм воспроизводства человеческого капитала корпораций обеспечивается реализацией и разрешением противоречий интересов труда и потребления. К числу причин, усиливающих противоречия интересов труда и потребления на микроуровне, относятся недостаточное практическое использование

коэффициентов трудового участия, принципов социальной солидарности, ролевые конфликты субъектов корпоративных отношений.

Структурно человеческий капитал корпораций может быть дифференцирован как общий, специальный и узкоспециальный. Наличие последнего предполагает повышение эффективности управления процессов согласования корпоративных экономических интересов и частных. Разрешение противоречий корпоративных и общественных экономических интересов будет осуществляться посредством социально ориентированного механизма отчуждения прав собственности на составляющие человеческого капитала корпораций.

Не отрицая значимости функционального подхода к анализу системы воспроизводства человеческого капитала, предполагающей количественное обоснование ее инвестиционной составляющей, считаем сегодня более актуальной проблему качественной определенности инвестиций в человеческий капитал. Последняя предполагает учет социокультурных, мотивационных факторов воспроизводства человеческого капитала корпораций, что требует повысить степень согласованности индивидуальных, частных, групповых и корпоративных экономических интересов.

Библиографический список

1. Авдашева С. Бизнес-группы в российской промышленности. // Вопросы экономики. – 2004. - № 5. - С.121-134.

2. Андреева И.В. Экономическая психология. - СПб.: Питер, 2000. – 512 с.

3. Гибало Н.П., Никитов И.Н., Стимулин А.Н. и др. Система экономических интересов и институты. – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2005. – 228 с.

4. Капелюшников Р. Структура российской рабочей силы: особенности и динамика. // Вопросы экономики. – 2006. - № 10. – С. 19-40.

5. Курганский С.И. Человеческий каптал: сущность, структура, оценка. - Иркутск: БГЭУП, 2003. – 288 с.

6. Лысков А.Ф. Проблемы инвестирования в человеческий капитал. // Менеджмент в России и за рубежом. - 2005. - № 4. – С. 106-110.

7. Майбуров И.А. Эффективность инвестирования и человеческий капитал в США и России. // Мировая экономика и международные отношения. - 2004. - № 4. – с. 3-13.

8. Миронов А.А. Теоретико-методологические основы оценки эффективности инвестиций в человеческий капитал коммерческой фирмы. - М.: ИНИОН, 2004. – 111 с.

Материал поступил в редакцию 28.11.06.

L.V. ZGONNIK

POLITICAL-ECONOMY COMPONENTS OF ADMINISTRATION OF SYSTEM PROMOTE TO CORPORATION HUMAN RESOURCES.

Corporation human resources consist of general, private and special components. Function of corporation human resources have to based on scientific management and conform interests of corporation and personal. Reproduction of special human resources depending on level of social responsibility and optimal development corporation system of motives and incentives.

ЗГОННИК Людмила Владимировна, доцент (2006) кафедры «Экономика» ДГТУ, кандидат экономических наук (2004). Окончила Северо-Кавказскую академию госслужбы (2001).
Область научных интересов: экономические интересы и противоречия, институционализация экономики, воспроизводство человеческого капитала.
Автор более 50 научных работ.
e-mail: zgonnik@mail.ru

УДК 336

Г.В. ХАТЮЩЕНКО

ПОЛИВАЛЮТНАЯ КОРЗИНА КАК НОВЫЙ ОРИЕНТИР КУРСОВОЙ ПОЛИТИКИ БАНКА РОССИИ

Статья посвящена трансформации курсовой политики Банка России, введению «корзины валют», состоящей из евро и доллара США. С февраля 2005 года валютная корзина является одним из основных факторов денежно-кредитной политики Банка России, влияющих на формирование реального курса рубля. Переход к использованию бивалютного операционного ориентира направлен на снижение внутридневной волатильности курса рубля к значимым для Российской Федерации иностранным валютам. По мере адаптации участников валютного рынка к новым условиям Центробанк меняет долевое соотношение доллара и евро в «корзине валют». Кроме того, бивалютная корзина является одним из инструментов Банка России для сдерживания роста показателей инфляции.

Ключевые слова: *бивалютная корзина, курсовая политика, Банк России, курс рубля, инфляция.*

Введение. С 1 февраля 2005 года в качестве операционного ориентира курсовой политики Банка России используется стоимость «корзины» валют, состоящей из доллара США и евро. Переход к использованию бивалютного операционного ориентира направлен на снижение внутридневной волатильности курса рубля к значимым для Российской Федерации иностранным валютам, при этом курс рубля к доллару должен складываться более свободно.

Постановка задачи. Оценить действия Банка России, направленные на выявление реального курса рубля и снижение его внутридневной волатильности. Проанализировать, насколько эффективно Банку России удалось повлиять на курсовую стоимость рубля в конкретном периоде с момента введения бивалютной «корзины». Соотношение валют в корзине менялось пять раз, условно можно выделить каждое изменение как отдельный этап развития курсовой политики Банка Росси, следовательно, в рамках каждого этапа необходимо рассмотреть действия Центробанка, связанные с регулированием курса рубля.

Новое слово в курсовой политике Банка России. С 1 февраля 2005 года Банк России перешел к использованию бивалютной корзины в своей курсовой политике. В качестве операционного ориентира использовалась стоимость «корзины» валют, состоящей из 0,1 евро и 0,9 доллара США. Начало февраля 2005 года можно считать *первым этапом* становления новой курсовой политики Банка России. Начиная с этого момента Центральный банк при определении ежедневного курса рубля на 90% ориентиро-

вался на курс доллар/рубль и на 10% – на курс евро/рубль. Формирование курса доллар/рубль в течение дня носило более свободный характер: ограничение внутридневных колебаний курса доллара США к рублю (по сделкам на ММВБ со сроком расчетов на следующий рабочий день после заключения) осуществлялось исходя из границ колебания стоимости бивалютной «корзины». Такое поведение Банка России привело к сокращению краткосрочных спекулятивных операций, к росту привлекательности рублевых инструментов и развитию рынка коллективного инвестирования. Однако переход к использованию бивалютной корзины в качестве основного ориентира в курсовой политике привел к тому, что курс доллар/рубль стал слабо прогнозируемым аналитиками и участниками финансового рынка.

Однако не всегда бивалютная «корзина» рассчитывалась исходя из соотношения 0,9 к 0,1. Банк России планомерно наращивает долю евро в золотовалютных резервах. По различным оценкам, в 2005 году доля евро в золотовалютных ресурсах варьировалась от 10 до 50%. Последующее увеличение доли евро в составе бивалютной «корзины» до уровня, соответствующего задачам курсовой политики Банка России, осуществляется постепенно – по мере адаптации участников внутреннего валютного рынка к работе в новых условиях. Так же увеличение доли евро в «корзине» валют напрямую связанно с ростом числа контрактов, заключенных в европейской валюте, и от объемов продажи нефти за рубеж.

Второй этап начался месяц спустя, 15 марта 2005 года, когда Центробанк объявил об изменении структуры бивалютной «корзины». Теперь евро занимало в ней 20%, а доллар США - 80%, а не 10 и 90%, как прежде. Многие считают бивалютную «корзину» псевдоориентиром валютной политики Банка России, но есть и другое мнение, что рынок в связи с ее изменением стал чуть более подвижным. До объявленного изменения в бивалютной корзине Банк России допускал колебания курса доллар/рубль в пределах 7–10 копеек за одну торговую сессию, а во втором квартале 2005 года этот показатель увеличился на 1–2 копейки.

Понятие «корзина валют» используется Центробанком как ориентир курсовой политики. В России она обозначает возможности Центробанка, связанные с регулированием курса рубля, но не обязывает к действию. Увеличение доли евро в бивалютной корзине ведет к тому, что Центробанк регулирует курс национальной валюты уже с учетом позиции евровалюты на глобальных рынках.

Третий этап начался 16 мая 2005 года. Соотношение евро и доллара США в «корзине валют» составило 30 и 70% соответственно. Профиль внутреннего валютного рынка за 2005 год радикально изменился. Это обусловлено, прежде всего, изменением стратегии поведения Банка России на валютном рынке, введением бивалютной корзины, усилением корреляции курсов доллар/рубль и доллар/евро (рис.1).

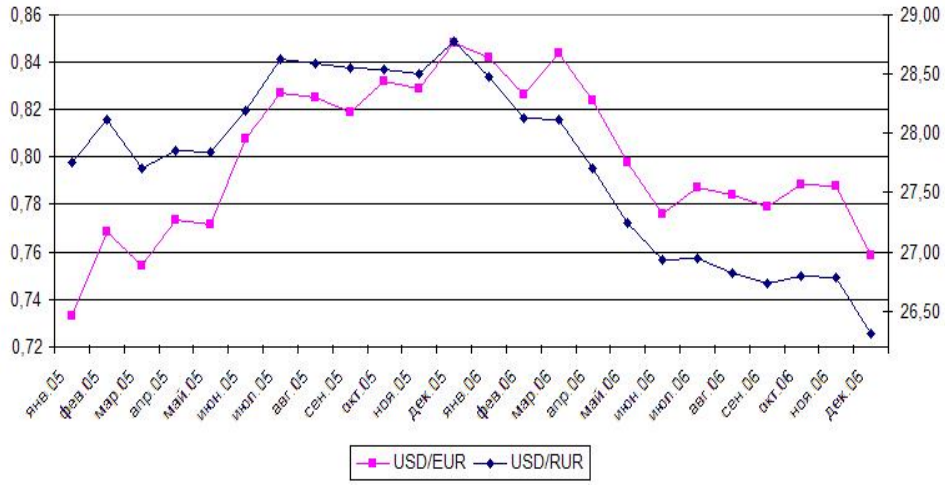


Рис.1. Динамика курсов доллар/рубль и доллар/евро, 2005-2006 гг.

Повышение удельного веса европейской валюты необходимо, и оно неминуемо влечет за собой рост волатильности пары доллар/рубль, что в свою очередь, говорит о еще большей потребности в срочных хеджевых инструментах с участием рубля (опционов, форвардов, фьючерсов) на внутреннем и внешнем валютных рынках. Динамизм рынку евро/рубль может придать проведение интервенций Банка России на данном сегменте, а также дальнейшее снижение комиссионного вознаграждения организаторов торгов.

В настоящее время на внутреннем валютном рынке не хватает срочных инструментов хеджирования конверсионных операций банков за свой счет и по поручению клиентов. Расширение спектра срочных инструментов непременно приведет к росту операций банков.

Высокий темп инфляции 2005 года сопровождался укреплением номинального курса доллара США к рублю. Объем иностранной валюты, используемой для обслуживания внешнеторговых расчетов, напрямую зависел от экспорта и импорта, которые по сравнению с аналогичным периодом прошлого года возросли. Стимулирующее влияние на динамику показателей валютного рынка оказал также рост положительного сальдо торгового баланса: за 5 месяцев 2005 года - на 27,7%. Важным фактором роста оборотов является массированная продажа экспортной выручки от продажи сырьевых ресурсов. В июне 2005 года - цена барреля нефти марки Urals превысила психологически важную отметку в 50 дол., прибавив с начала года порядка 30%.

Четвертый этап. Банк России с 1 августа 2005 года увеличил долю евро в бивалютной «корзине» с 30 до 35%. Доля доллара США, соответственно, была снижена с 70 до 65%. Принимая такое решение, Центральный Банк руководствовался, с одной стороны, объявленной ранее политикой на создание в России полноценного рынка двух крупнейших мировых валют, с

другой - стремлением привести корзину в соответствие со структурой внешнеторгового оборота. Напомню, что по разным оценкам доля евро в корзине, по которой определяется реальный эффективный курс рубля, составляла до 50%. Таким образом, соотношение доллара и евро в бивалютной корзине может меняться и дальше, однако никаких конкретных обязательство по этому поводу Центральный банк России на себя не брал.

График, приведенный ниже, позволяет оценить динамику курса, рассчитанного по корзине валют (рис.2). Вплоть до середины мая 2005 года стоимость корзины постепенно снижалась. Последующие полтора месяца бивалютный курс, напротив, повышался и в итоге подорожал на 0,8%. Пик пришелся на начало июля. Впоследствии курс несколько скорректировался и стабилизировался.

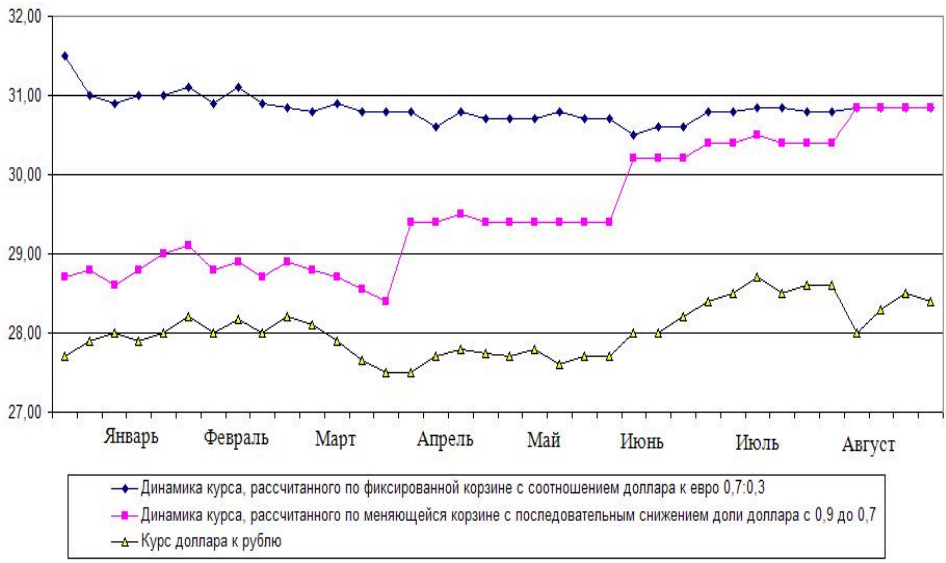


Рис. 2. Динамика бивалютного обменного курса, январь-август 2005 г.

В целом динамика пары доллар/евро на мировом валютном рынке остается основным фактором, определяющим краткосрочное поведение курса доллара на российском рынке. Высокие цены на сырьевые товары (в первую очередь, нефть и нефтепродукты) свидетельствовали в пользу укрепления рубля. Однако ситуация складывалась так, что Центральный Банк был настроен переломить влияние фундаментальных факторов и обеспечить «нужную» динамику обменного курса. Все остальные факторы в этот период, в числе которых состояние денежного рынка, практически утратили свое влияние на курсовую динамику.

В этих условиях анализ конъюнктуры внутреннего валютного рынка как таковой потерял смысл. И отчеты Центрального Банка, и комментарии участников валютного рынка все больше фокусировались на отслеживании и анализе данных и прочей информации по экономике США и Еврозоны. В этой связи аналитики, делая прогнозы на перспективу, как правило, отмечали, что, несмотря на серьезные проблемы, существующие в американ-

ской экономике, рынок учитывает более высокие процентные ставки в США по сравнению с Еврозоной и Японией. Процентные ставки в США обуславливали рост привлекательности для иностранных инвесторов американских ценных бумаг, номинированных в долларах, и обеспечивали спрос на американскую валюту.

Пятый этап, декабрь 2005 года. Банк России со 2 декабря поменял структуру бивалютной корзины, теперь она состоит из 40% евро и 60% доллара США. Это решение принято в рамках реализации "Основных направлений единой государственной денежно-кредитной политики на 2005 год" и ранее объявленного перехода к использованию стоимости бивалютной корзины в качестве операционного ориентира курсовой политики. Банк России изменил структуру бивалютной корзины, уменьшив до 60% долю доллара и увеличив до 40% долю евро (рис.3).

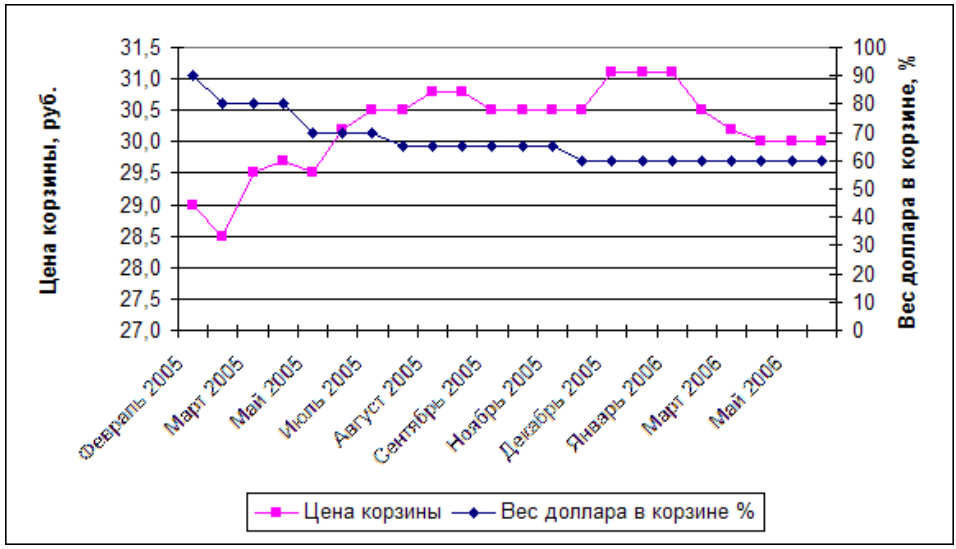


Рис.3. Цена корзины и вес доллара в ней за 2005-2006 гг.

По мнению экспертов, на фоне пиковых показателей укрепления курса доллара к евро действия ЦБ ведут к удешевлению золотовалютного резерва России. В рамках этой программы планировался переход к использованию стоимости бивалютной корзины в качестве операционного ориентира курсовой политики: то есть котировки рубля будут привязаны не к одному доллару, а сразу к нескольким валютам.

Увеличение доли евро в составе бивалютной корзины направлено на дальнейшее выравнивание волатильности курса рубля к доллару США и другим иностранным валютам.

Выводы. Стремительное укрепление национальной валюты в первой половине 2006 года привело к тому, что за полгода доллар подешевел почти на 2 рубля и к началу июля стоил менее 27 рублей. Тогда многие поспеши-

ли продать свои долларовые накопления. Однако сейчас другая ситуация: с начала августа стоимость американской валюты почти не изменилась (рис.4). Чтобы объяснить такие изменения курса валютной пары доллар/рубль, необходимо выделить два основополагающих фактора:

1. Политика Центрального Банка по борьбе с инфляцией: в 2006 году Банк России предпринял значительные усилия со времен кризиса 1998 года, чтобы сдержать инфляцию, однако традиционно набор мер, посредством которых он реализовывал свою денежно-кредитную политику, был невелик. Основное внимание уделялось валютному рынку. С него и начали регулировать антиинфляционную кампанию: с января Центробанк последовательно обесценивал доллар и евро по отношению к рублю, чем надеялся добиться обострения конкуренции на внутреннем рынке за счет снижения цен на импортную продукцию. Это, в свою очередь, должно было замедлить темпы роста цен в экономике в целом. Можно сказать, своей цели Банк России добился: уже с марта инфляция начала замедляться, однако для этого пришлось удешевить американскую валюту более чем на один рубль.

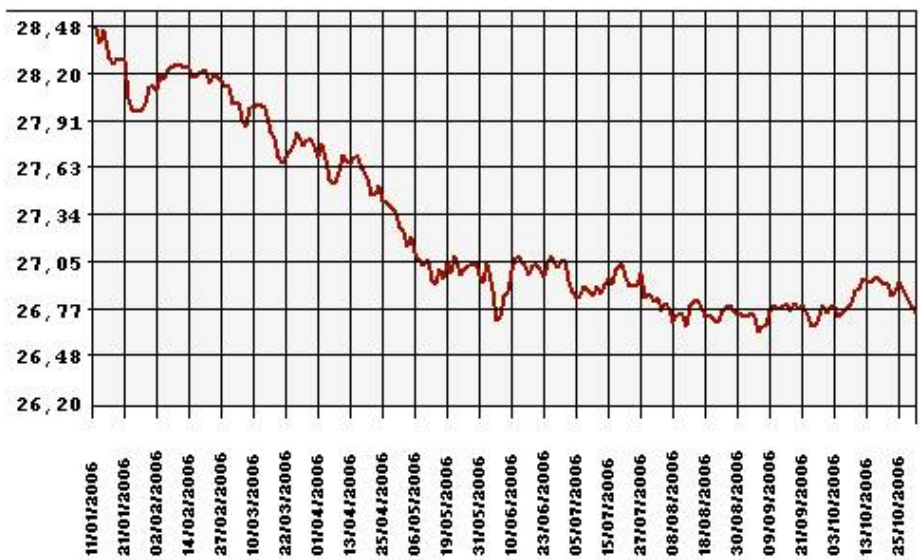


Рис. 4. Динамика курса доллара США с 01.01.2006 по 31.10.2006

2. Привязка курса рубля к корзине из двух валют: доллара и евро; в результате еще один рубль доллар «потерял» из-за бивалютной корзины, операционного ориентира, который Банк России ввел с 1 февраля 2005 года. На сегодняшний день корзина состоит из 0,4 евро и 0,6 доллара и в явном виде связывает курс национальной валюты с курсами евро и доллара по отношению друг к другу (рис.5).

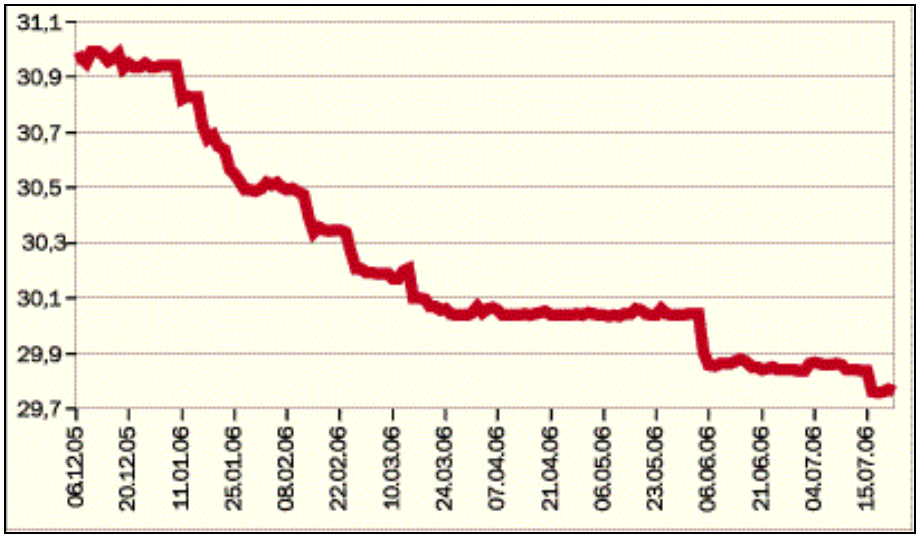


Рис.5. Динамика стоимости бивалютной корзины по отношению к рублю с декабря 2005 г.

Для участников валютного рынка бивалютная корзина является своеобразным указателем: как маяк служит для ориентации проходящих судов и обозначения фарватера, так и бивалютная корзина отражает желаемый курс рубля в зависимости от изменения курса евро/доллар. Это значит, что, если евро дорожает к доллару на мировых рынках, рубль тоже будет дорожать, только медленнее. При необходимости Банк России всегда готов вмешаться в ход валютных торгов и поддержать желаемый ему курс. Поскольку с января по июнь евро вырос с 1,20 доллара до 1,30, рубль тоже подорожал.

Таким образом, картина складывается следующая: курс рубля определяется курсами евро и доллара на мировых валютных рынках до тех пор, пока Центробанк для реализации своей политики не вмешивается и не меняет его в нужную регулятору сторону. Укрепление рубля, проводимое Банком России, и обесценение доллара на мировых рынках спровоцировали значительный приток валюты в страну, вынудив Банк скупать эти излишки и взамен печатать рубли. Это привело к тому, что инфляция, поначалу замедлившись, к середине лета начала ускоряться. При этом укрепление рубля заметно осложнило положение многих российских предприятий, что выразилось в замедлении темпов роста, а то и вовсе в спаде в некоторых секторах экономики. Из-за этого правительство и президент уже не раз критиковали денежно-кредитную политику Центробанка, и в первую очередь критика касалась дальнейшего укрепления рубля, которое пока не оправдало надежд как мера борьбы с инфляцией. В силу этого можно ожидать, что вплоть до конца года Банк России если и допустит удорожание национальной валюты, то весьма скромное, а по возможности и вообще воздержится от этого. Однако Банк России не властен над мировыми валютными рынками, поэтому вплоть до конца года курсом рубля будут

управлять курсы валют евро, доллара, из которых и состоит бивалютная корзина, а также мировые цены на нефть. Скорее всего, именно влияние этих факторов скажется на рубле сильнее всего.

Материал поступил в редакцию 25.12.06.

G.V. KHATUSCHENKO

POLYCURRENCY BASKET AS THE NEW REFERENCE POINT OF THE COURSE POLICY OF BANK OF RUSSIA

The article is devoted to transformation of a course policy of Bank of Russia and introduction of "a basket of currencies " consisting of Euro and US dollar. Since February, 2005 the currency basket is one of major factors of a monetary and credit policy of Bank of Russia influencing on formation of a real rouble exchange rate. Transition to use of an bicurrency operational reference point is directed on decrease(reduction) of intraday volotation of a rouble exchange rate to significant for the Russian Federation foreign currencies. In process of adaptation of participants of the currency market to new conditions the Central Bank changes a share ratio of dollar and euro in "a basket of currencies". Besides the bicurrency basket is one of tools of Bank of Russia for restraint of growth of parameters of inflation.

ХАТЮЩЕНКО Георгий Владимирович (р.1980), окончил Ростовский государственный экономический университет «РИНХ» (1998), место работы: ЗАО «Ростовская валютно-фондовая биржа». Специалист управления организации торгов и работы с клиентами.
Научные интересы: исследование биржевого валютного рынка, валютных инструментов, их свойств, востребованность данных инструментов участниками рынка.
Автор трех публикаций.

ФИЛОСОФИЯ

УДК 159.923 + 377

С.И. МАСАЛОВА

ИНТЕЛЛЕКТ И ЭМПАТИЙНОСТЬ БУДУЩИХ ФИЗИКОВ И ЭКОНОМИСТОВ

В статье рассматривается проблема взаимосвязи интеллекта и эмпатийности в рамках индивидуального стиля деятельности будущих физиков и экономистов. По результатам эмпирического исследования отмечено влияние типологических особенностей студентов на эффективность их профессиональной деятельности.

Ключевые слова: *профессиогенез, выбор профессии, профориентация, профессионально важные качества, профессионал, рациональная сфера личности, интеллект, эмпатийность, направленность личности.*

Введение. Проблема выбора профессии и соответствия психологических качеств личности выбранной профессии чрезвычайно актуальна в теории и практике психологии, психологического менеджмента, педагогики и других наук. Выбор профессий молодыми людьми вызывает определенные проблемы, среди которых – трудности профориентации. Существуют разные подходы к исследованию проблемы выбора профессии. В нашей работе рассматривается профессиогенетический подход, исследуемый в трудах В.А. Вавилова, А.И. Галактионова, К.М. Гуревич, Е.П. Ермолаевой, Д.Н. Завалишиной, Е.А. Климова и др. Профессиогенетический подход содержит большой потенциал конструктивности благодаря комплексному учету таких факторов профессионализации, как динамика информационного пространства профессионала, взаимодействие и границы соответствия внешних и внутренних средств деятельности, социокультурная обусловленность профессий, уровневостадийная дифференциация профессиональных способностей и профессионализма. Большую роль в профессионализации играет рациональная сфера личности, включающая рациональное сознание как способность к рациональному действию. Основой рациональной сферы личности является интеллект, умственные способности. Немаловажную роль в выборе профессии играет и эмоциональная сфера личности, одним из компонентов которой является эмпатийность, особенно в профессиях, связанных с межличностным общением. Исследование эмоционально-рациональной сферы личности, соотношения интеллекта и эмпатийности позволит сформировать необходимые интеллектуальные и профессиональные качества, раскрыть потенциальные возможности студентов как будущих специалистов.

Постановка задачи. Профессиогенетический подход не получил достаточного отражения в научных публикациях. Наша главная задача показать специфику психологических особенностей становления профессионала в

плане соотношения личности и индивидуальности, а также провести анализ результатов эмпирического исследования профессионально важных качеств будущих учителей физики и экономистов; дать рекомендации по профотбору и профориентации. Предмет исследования – профессионально важные качества, интеллект, эмпатийность. Объект исследования – будущие учителя физики и экономисты.

В эмпирическом исследовании применены следующие методики: тест Равенна; тест «Определение уровня эмпатийности»; «Дифференциально-диагностический опросник», тест «Конструктивный рисунок человека из геометрических фигур». Результаты эксперимента обработаны математическими методами, а также с помощью компьютерной математической программы SPSS.10 для Windows.

Результаты исследования и их обсуждение. В структуру личности человека входят три образующие, три подсистемы, характеризующие ее в единстве всех трех сторон ее существования: индивидуальность личности; представленность ее в системе межличностных отношений; представленность ее в других людях.

Личность каждого человека наделена только ей присущим сочетанием психологических черт и особенностей, образующих ее индивидуальность, составляющих своеобразие человека, его отличие от других людей. *Индивидуальность* проявляется в чертах темперамента, характера, привычках, преобладающих интересах, в качествах познавательных процессов (восприятия, памяти, мышления, воображения), в способностях, индивидуальном стиле деятельности и т.д. Индивидуальный стиль - система отличительных признаков деятельности данного человека, обусловленных особенностями его личности. Нет двух людей с одинаковым сочетанием указанных психологических особенностей - личность человека неповторима в своей индивидуальности. Индивидуальный стиль характеризует индивидуально-своеобразную систему психологических средств, к которым сознательно или стихийно прибегает человек в целях наилучшего уравновешивания своей (типологически обусловленной) индивидуальности с предметными, внешними условиями деятельности. Учет типологических особенностей личности, ее индивидуального стиля при профориентации позволяет выявить задатки, способности, вскрыть находящиеся в подсознании склонности человека, развить их в профессиональном обучении.

Проблема профессиогенеза исследуется в аспекте соотношения интеллекта и эмпатийности будущих физиков и экономистов. Индивидуальный подход, особенно к студентам младших курсов, предполагает учет их дифференциально-психологических особенностей (памяти, внимания, типа темперамента, развитости тех или иных способностей и т.п.) для формирования профессионально важных качеств на старших курсах.

В рамках профессиогенетического подхода Е.А. Климов дал следующую классификацию профессий по типам: 1) *«человек—природа»* — все профессии, связанные с растениеводством, животноводством и лесным хозяйством; 2) *«человек-техника»* — все технические профессии; 3) *«человек—человек»* — все профессии, связанные с обслуживанием людей, с общением; 4) *«человек-знак»* — все профессии, связанные с обсчетами, цифровыми и буквенными знаками, в том числе и музыкальные специальности; 5) *«человек-художественный образ»* - все творческие специальности [1].

Профессия педагога относится к профессии типа «человек – человек». Специалист сферы «человек – человек», помимо сугубо профессиональных знаний и умений, должен обладать знаниями и умениями по работе с людьми. Более того, успешное выполнение профессиональных обязанностей окажется невозможным, если не будет услышан и понят другой человек, не будут учтены его особенности и пожелания, не будет установлен контакт. Педагог не достигнет желаемого результата, если не захочет узнать сильные стороны ученика и не будет опираться на них. Доброжелательность, сочувствие, сопереживание, интерес к людям должны сочетаться у специалиста системы «человек – человек» с высокой эмоциональной устойчивостью, выдержкой, самоконтролем, умением владеть собственными чувствами. Работа с людьми часто сопряжена с высоким нервно-психическим напряжением и требует хорошо развитых не только коммуникативных, но и эмоционально-волевых качеств. Профессии «человек – человек» – самые гуманные, наполненные общением и радостью взаимопонимания. Люди, выбравшие их и готовые работать с самоотдачей, могут ожидать благодарный отклик со стороны других.

В рамках педагогической специальности вычленим специализацию *учителя физики* как учителя-предметника, сочетающего общие педагогические качества и узкоспециальные. Физик исследует окружающую нас природу, а именно: физические тела и физические явления. Суть работы физика – проверка логических заключений экспериментом. Идеи проверяются экспериментом, экспериментальные результаты подсказывают новые идеи. Физик в экспериментах не только наблюдает реальные, протекающие в природе явления, но и сам моделирует их, проводит эксперимент для выяснения того или иного научного факта, той или иной стороны физического явления. Физик в теоретических исследованиях использует математические методы для формулировки общих физических принципов и понятий, проводит свою работу по трем основным направлениям: получение количественных соотношений между наблюдаемыми величинами, обсуждение и теоретический расчет физических экспериментов, создание адекватных методов математического описания природы. *Профессиональная направленность* – работа со знаковыми системами, числами, формулами. *Необходимые качества:* любознательность; желание познать законы природы; наблюдательность; настойчивость; терпение; критичность мышления. Для успешной работы учитель-физик должен обладать развитыми интеллекту-

альными способностями (особенно в части вербального интеллекта), высокой концентрацией, умением распределять и переключать внимание, большим объемом оперативной и долговременной памяти; высокой эмоциональной устойчивостью (выдержкой, самообладанием); развитыми коммуникативными качествами (доброжелательностью, чуткостью, тактом, сопереживанием; хорошей дикцией, способностью к яркому и логически выстроенному изложению материала); энергичностью, работоспособностью, умением увлечь своим предметом, высокой общей культурой. *Препятствовать* успешной работе будут такие качества, как низкий уровень абстрактного мышления, невнимательность, безынициативность.

Специфика *профессии экономиста* по содержанию труда состоит в том, что он осуществляет экономический анализ хозяйственной деятельности организации, разрабатывает мероприятия по обеспечению режима экономии, повышению эффективности работ, выявлению резервов, предупреждению потерь и непроизводительных расходов, более рациональному использованию всех видов ресурсов. Выполняет расчеты по материальным, трудовым и финансовым затратам, необходимым для проведения работ (услуг), исследований и разработок в освоении новой техники и технологии. Уровень общения – средний по интенсивности. Доминирующие интересы – математика, экономика, информатика.

Профессия *экономиста* относится к профессии, связанной с работой с информацией, т.е. к профессии типа «человек – знак». Это обстоятельство объединяет данную профессию с профессией учителя-физика, так как наряду с общей профессиональной принадлежностью к системе «человек – человек» педагоги специальности «физика» относятся и к системе «человек – знак». *Профессиональная направленность* – на работу со знаковыми системами, числами и формулами. Знаки, знаковые системы являются средством информации, которой обмениваются люди в процессе жизнедеятельности.

Специалисты обеих профессий (физики и экономисты) обеспечивают прирост информации, собирают, перерабатывают ее, хранят и доводят до потребителя, помогают ею обмениваться. Работа с числами, формулами, знаками предпочтительна для людей, переносящихся в мир чисел, придающих всему количественную меру или занимающихся научными исследованиями в области физики, пытающихся через исследования получить новую информацию об окружающем мире. Данная деятельность предполагает наличие таких *психологических и профессионально важных качеств*, как умение анализировать большой объем информации, хорошая логика, хорошая память, терпение, способность к работе с людьми, умение отстаивать свою точку зрения, аккуратность, организованность, склонность к выполнению рутинных операций и в то же время умение принимать нестандартные решения. Специалисты-физики и экономисты работают с компьютерами, информационными системами, в сети Интернет. *Препятствовать* успешной работе будут такие качества, как неуверенность в себе, низкий уровень общительности, невнимательность.

Рассмотрим взаимосвязь интеллекта и эмпатийности будущих учителей физики и экономистов. Интеллект представляет собой способность мышления, рационального познания. По своему смыслу термин «интеллект» тождественен уму. Кант сопоставлял интеллект и разум таким образом: интеллект понимался как способность образования понятий, а разум – как способность образования метафизических идей. Интеллект тесно связан с эмоциональной сферой личности. Эмпатия (сопереживание) - это умение поставить себя на место другого человека и способность к произвольной эмоциональной отзывчивости на переживания других людей. Сопереживание – это принятие тех чувств, которые испытывает другой человек. Эмпатия способствует сбалансированности межличностных отношений. Она делает поведение человека социально обусловленным. Развитая у человека эмпатия – ключевой фактор успеха в тех видах деятельности, которые требуют вживания в мир партнера по общению, и прежде всего при обучении и воспитании. Эмпатийность – уровень эмпатии.

Нами было проведено эмпирическое исследование профессионально важных качеств будущих учителей физики и экономистов. Гипотезы исследования: 1) существует взаимосвязь между интеллектом и другими индивидуальными психологическими качествами респондентов (эмпатийность, индивидуально-типологические различия, психологическое соответствие типу профессии); 2) психологические качества будущих педагогов физики и экономистов определяют выбор испытуемыми данной профессии и специализации; 3) существуют различия между профессионально важными качествами будущих педагогов-физиков и экономистов.

В 2005 году в эксперименте участвовало 100 человек: будущие экономисты – 50 студентов 1-го курса факультета «Финансы и кредит» Института экономики и управления Ростовского государственного строительного университета (ИЭиУ РГСУ) и будущие педагоги-физики – 50 студентов 2-го курса физического факультета Института физики, математики, информатики, естествознания и технологий Ростовского государственного педагогического университета (ИФМИЕТ РГПУ). Возраст всех испытуемых – 19 – 23 года.

Результаты диагностики уровня интеллекта *по методике Равена* показали, что среднее арифметическое коэффициента интеллекта физиков – 113,48, экономистов - 109,8. Общее число испытуемых с высоким незаурядным (более 120) коэффициентом интеллекта среди физиков – 16%, среди экономистов – 20%; с незаурядным (хорошим) (110–120) коэффициентом интеллекта среди 54 и 28%. Всего с высоким незаурядным и незаурядным (хорошим) коэффициентом интеллекта – 70% физиков. Общее число испытуемых с нормальным высоким средним (100–110) коэффициентом интеллекта среди физиков – 24%. Общее число испытуемых со средним (90–100) коэффициентом интеллекта среди экономистов и физиков – по 6%. Общее число испытуемых со слабым ниже среднего (80–90) интеллектом отсутствует. Самый высокий коэффициент интеллекта у

физиков – 126, у экономистов - 128. Самый низкий коэффициент интеллекта у физиков и у экономистов – 91.

Результаты диагностики физиков *по методике «Определение уровня эмпатийности»* показали, что среднее арифметическое показателя эмпатийности у физиков – 49,28, у экономистов – 54,36. Общее число испытуемых с высоким (63–81 балла) уровнем эмпатийности среди физиков – 2%, у экономистов – 20%. Общее число испытуемых с нормальным (37–62 балла) уровнем эмпатийности среди физиков – 90%, у экономистов – 78%. Общее число испытуемых с низким (12–36 баллов) уровнем эмпатийности равно среди физиков 8%, среди экономистов – 2%.

Результаты диагностики соответствия физиков выбранной профессии *по методике* «*Дифференциально-диагностический опросник*» таковы. Среди физиков 64% соответствуют выбранной основной профессии, среди экономистов - 56%. Профессии типа «человек – человек» соответствуют 26% физиков и 32% экономистов, а типу «человек – знаковая система» - 38% физиков и 24% экономистов. Наблюдается большое количество смешанных типов профессий. Сочетание двух профессий типов «человек – человек» и «человек – знак» характерно для 2% физиков. Сочетание двух профессий типов «человек – техника» и «человек – знак» характерно для 4% физиков. Склонности к профессиям типов «человек – природа» и «человек – техника» проявили 2% физиков. Склонности к профессиям типов «человек – техника» и «человек – человек» проявили 2% физиков. Среди экономистов склонности к профессиям типов «человек – природа» и «человек – человек» проявили 2% экономистов. Склонности к профессиям типов «человек – природа» и «человек – художественный образ» проявили 2% экономистов. Склонности к двум профессиям типов «человек – природа» и «человек – художественный образ» проявили 2% экономистов. Склонности к двум профессиям типов «человек – техника» и «человек – человек» проявили 2% экономистов. Особенно велико число экономистов, выбравших две профессии типа «человек – человек» и «человек – художественный образ» – 12% экономистов. Кроме того, у экономистов наблюдается сочетание трех профессий: а) типов «человек – человек», «человек – художественный образ» и «человек – знак» – 4%; б) типов «человек – природа», «человек – техника» и «человек – человек» – 2%.

Результаты диагностики индивидуально-типологических различий *по методике* «*Конструктивный рисунок человека из геометрических фигур*» таковы. К типу I – «руководитель» – относятся 26% физиков, 26% экономистов. Подтип наиболее жесткого руководителя наблюдается у 2% экономистов. Подтип ситуативного руководителя – у 2% экономистов. Вербальный руководитель, или «преподавательский подтип», – при воздействии речью на людей – доминирует у 22% экономистов. Ко II типу – «ответственный исполнитель» – 30% физиков, 20% экономистов. К III типу — «тревожно-мнительный» – 22% физиков и 2% экономистов. Кроме того, существует «поэтический подтип» – 4% физиков и 2% экономистов. К подтипу людей, узнаваемых по фразе: «Как это можно плохо работать? Я себе

не представляю, как это можно плохо работать», относятся 4% экономистов. К IV типу – «ученый» – относятся по 8 % физиков и экономистов. К V типу – «интуитивный» – 4% экономистов и не относится ни один физик. Среди экономистов есть подтипы: 1 (2%) испытуемый с подтипом, который часто встречается среди профессиональных психологов или лиц с повышенным интересом к психологии людей; 1 испытуемый (2%) обладает способностью к изобретательской деятельности. К VI типу – «изобретатель, конструктор, художник» – относится по 2% физиков и экономистов. К VII типу – «эмотивный» – относится 2% физиков и 8% экономистов. К VIII типу, который обладает противоположной тенденцией эмотивному типу, не относится ни один испытуемый.

Итак, результаты корреляции между показателями профессионально важных качеств испытуемых, полученные различными методиками, отражают следующее: наибольшее значение имеет корреляция уровня интеллекта и принадлежности к профессии типа «человек – знак» у физиков – 0,17001, у экономистов – 0,225832. Это говорит о соответствии выбора профессии данного типа испытуемыми по своим профессиональным качествам.

Выводы. 1. Результаты эмпирического исследования по всем методикам подтвердили выдвинутую гипотезу о взаимосвязи между интеллектом и другими индивидуальными психологическими качествами респондентов (эмпатийность, индивидуально-типологические различия, психологическое соответствие типу профессии). Эту гипотезу мы считаем определяющей направленность нашего исследования и подтверждающей его результаты.

2. Полученные результаты эмпирического исследования профессионально важных качеств физиков и экономистов показали соответствие выбора профессии данного типа испытуемыми по своим профессиональным качествам, т.е. будущие педагоги-физики и экономисты имеют психологические качества, которые определяют выбор испытуемыми данной профессии и специализации. Были определены психологические детерминанты выбора профессии. Тем самым, выдвинутая нами 2-я гипотеза подтверждена.

3. Данные эксперимента подтвердили выдвинутую нами гипотезу о существовании различий между профессионально важными качествами будущих педагогов-физиков и экономистов по одним показателям и не подтвердили существование значимых различий по другим.

Объединяя данные, полученные по доказательству гипотез 2 и 3, мы еще раз можем подтвердить гипотезу 1 о существовании взаимосвязи между интеллектом и другими индивидуальными психологическими качествами всех испытуемых в целом, а также физиков и экономистов в отдельности.

Существует набор психологически важных качеств (детерминант), определяющих выбор профессии педагога-физика и экономиста. Испытуемые с различным уровнем интеллекта показали различные уровни эмпатийности, склонности к профессиям различного типа, близких к типу про-

фессии педагога-физика, экономиста в системах типов профессий «человек – человек», «человек – знак». Кроме того, испытуемые показали наличие индивидуально-типологических различий.

Результаты эмпирического исследования интеллекта можно использовать в учебном процессе для анализа интеллектуальных способностей студентов, психологической корректировки испытуемых в их дальнейшем профессиональном становлении и совершенствовании в условиях психолого-педагогического взаимодействия, профессиональной подготовки, формирования личности специалиста, востребованного в современном обществе.

Библиографический список

1. Климов Е.А. Психология профессионального самоопределения. - Ростов н/Д: Феникс, 1996. - 200 с.

Материал поступил в редакцию 19.07.06.

S.I. MASALOVA

INTELLECT AND APTITUDE FOR EMPATHY OF PHYSICISTS AND ECONOMISTS TO BE

The article covers the problem of correlation between intellect and aptitude for empathy in terms of the individual style of economists and physicists' to be activities. The influence of typological peculiarities of students on the efficiency of their professional activity is registered on the basis of the results of empiric study.

МАСАЛОВА Светлана Ивановна - доцент кафедры философии, теологии и культурологии (1987) Ростовского государственного педагогического университета. Окончила математический факультет РГПУ по специальности «Математика» (1968) и аспирантуру РГПУ по специальностям «Философия» и «Философия науки» (1971).

Автор 33 печатных работ по проблемам эпистемологии, философии науки (математики, физики), семиотики, истории религии, религиоведения, психологии мышления, философии образования и др.

УДК 101.1.316

Е.Н. САДОВАЯ

К ВОПРОСУ О ГЛОБАЛЬНОМ ГРАЖДАНСКОМ ОБЩЕСТВЕ

На фоне глобальных проблем современного мира, «размытия» границ и все ускоряющегося процесса информатизации общества меняется роль гражданского общества. Теперь оно не просто связано с государством, но и выходит за рамки национальных границ для решения проблем, актуальных для всего человечества. Гражданское общество, таким образом, становится глобальным, что проявляется не столько в количестве составляющих его организаций, сколько в степени развитости космополитического мышления.

Ключевые слова: *глобализация, гражданское общество, глобальное управление, демократия, права человека, мировое сообщество, глобальное мышление.*

Введение. Население современного мира во все большей степени испытывает потребность участвовать в событиях, которые влияют на его жизнь. Реализация этой потребности таит в себе как опасности, так и возможности. Она может привести к анархии, этническому насилию или социальной дезинтеграции. С другой стороны, при наличии соответственных национальных и наднациональных рамок она может стать источником инноваций для создания глобального гражданского общества.

Поскольку все больше решений принимаются на международных форумах и в международных организациях, важное значение приобретает разработка более прочной основы для глобального управления, предполагающей демократическую подотчетность гражданам. Формирующимися основами для этого являются гражданское общество, глобальная роль парламентариев, общественное мнение и мировые средства массовой информации. Люди, которых беспокоят такие вопросы, используют новые каналы для заявления о своих политических интересах — через глобальную сеть гражданского общества и глобальные социальные движения. С другой стороны, появление глобального гражданского общества и все более частое обращение правительств к многосторонним переговорам и работе с международными организациями ставят вопрос о демократическом представительстве гражданского общества и механизмах участия на наднациональном уровне гражданских инициатив иного порядка.

Постановка проблемы. К гражданским инициативам иного порядка мы относим организации и структуры формирующегося глобального гражданского общества. При этом, однако, возникает вопрос: являются ли эти структуры подлинным выражением воли всего человечества? Иначе говоря, можно ли назвать глобальным совокупность национальных гражданских инициатив? В рамках этой статьи мы попытаемся ответить на этот вопрос, дав свое понимание этой проблемы.

На наш взгляд, глобальное гражданское общество представляет собой нечто более объемное, чем совокупность транснациональных институтов и организаций инициатив граждан разных стран. Для придания ему значимости и веса при решении общемировых проблем, для того чтобы активно вступаться за права человека в планетарном масштабе и иметь механизмы выполнения своих решений, существующей структуре глобальных гражданских инициатив необходимо особое сознание, которое сможет объединить людей и превратиться в волеизъявление граждан мира.

Разработка проблемы. Зарождение мирового аналога гражданского общества развернулось активно во второй половине XX века и проявилось в развертывании следующих основных процессов: складываются отдельные сферы мировых общественных отношений (мировые экономика, политика, культура, наука), усиливаются взаимосвязи (потоки идей, услуг, информации, рабочей силы) и складываются сети взаимосвязи между отдельными единицами мирового сообщества как на уровне коллективном, так и индивидуальном; формируется мировое общественное сознание с его центральной идеей – прав человека; активизируются общественные движения (альтернативные, экологические и пр.) и институты (научно-производственные объединения), автономные по отношению к государству. В ходе некоторых из отмеченных процессов складываются основания для глобального общества, в ходе других кристаллизуются непосредственные признаки гражданского общества, в первую очередь, через деятельность автономных и суверенных социальных субъектов. Все эти процессы и породили в 80-90 гг XX столетия множество идей и представлений, рисующих образы глобального, планетарного, информационного общества, мирового или глобального гражданского общества.

Термин «глобальное гражданское общество» впервые вводит в научный оборот американский политолог Х. Булл. По его мнению, это общество является «глобальным» не только потому, что оно соткано из связей, пересекающих национальные границы и проходящих через «глобальное, внетерриториальное пространство», но и потому, что среди членов такого общества набирает силу глобальное мышление [1, 233]. Развитие глобального гражданского общества обусловлено и ростом доступных ему ресурсов. Речь, прежде всего, идет о технологиях и о деньгах. Все участники глобального гражданского общества, несмотря на их различия, имеют одну общую черту. На огромных географических расстояниях, несмотря на барьеры во времени, они сознательно самоорганизуются и проводят свою деятельность вне правительственных структур с минимумом насилия и максимальным уважением принципа цивилизованного разделения силы между различными жизненными стилями.

Мераб Мамардашвили в своей книге «Сознание и цивилизация» сравнивает гражданское общество с игрой в шахматы: «В шахматном поле, на шахматной доске то бишь, всегда есть фигура, т.е. вихрь, и идея комбинации создает конфигурацию, в которой фигуры имеют другое значение – значение, не выводимое из значения пешки, значения слона. Это динами-

ческое поле, поддерживаемое движением, т.е. усилием или движением, вычерчиваемая фигура, отличная от той, которую мы могли бы получить суммированием свойств слона, пешки, ферзя и т.д. Вот то, что находится в этом состоянии, есть гражданское общество» [2, 70]. На наш взгляд, осмысление «гражданской» характеристики общества, выводимое не из суммы составляющих его граждан, а осознаваемое в качестве состояния общества в сочетании с усилием граждан, является также весьма важным моментом анализа гражданского общества в глобальных масштабах.

Юрген Хабермас в своих последних работах представляет такой проект «мировых хозяйственных порядков», для которого недостаточны лишь создание и правовая институционализация рынков. Он должен содержать «элементы, способствующие политическому волеизъявлению в мировом масштабе», и гарантировать «сглаживание нежелательных побочных социальных последствий глобализованных рыночных отношений» [3, 228]. Хабермас отмечает тот факт, что в связи с чрезмерными требованиями, предъявляемыми к национальному государству со стороны глобализированной экономики, «напрашивается» перенос функций, до сих пор выполнявшихся социальным государством в национальных рамках, на наднациональный уровень. Однако он не рассматривает деятельность неправительственных организаций, институтов ООН и других институтов в качестве глобального гражданского общества, так как считает, что еще полностью не сформировано сознание необходимости «космополитической солидарности». «Лишь при таком давлении, эффективном для внутренней политики, сможет измениться и самопонимание акторов, способных к глобальным действиям, в том направлении, что они все больше будут осознавать себя в рамках международного сообщества. В качестве его членов, которые безальтернативно вынуждены сотрудничать между собой, а значит – учитывать взаимные интересы. Подобной смены перспективы от «международных отношений» к мировой внутренней политике от правящих элит нельзя ожидать до тех пор, пока само население отдельных стран, исходя из понятных своекорыстных интересов, не наградит себя такой переменой установки» [3, 231].

Выводы. Идеи Х. Булла, М. Мамардашвили, Ю. Хабермаса подтверждают нашу мысль о том, что глобальное гражданское общество будет реально сформировано только тогда, когда граждане каждого отдельно взятого национального государства осознают себя гражданами мира, ограниченного (пока) масштабами нашей планеты. На наш взгляд, в современных условиях существует и активно действует только структурный, институциональный компонент глобального гражданского общества, а глобальное мышление находится лишь в начальной стадии своего развития.

Таким образом, опираясь на мнение ученых, мы можем определить глобальное гражданское общество как сферу идей, ценностей, институтов, организаций, сетей и граждан, расположенную между семьей, государством и рынком, действующую вне национальных обществ, политик и экономик, на основе всеобщей космополитической солидарности. Это особый тип

общества, выводимый не из количества составляющих его граждан, а качества их усилий для решения проблем общепланетарного порядка.

Библиографический список

1. Резник И.Н. Глобальное гражданское общество // Глобалистика: Энциклопедия. - М: ОАО «Радуга», 2003. – 1328 с.

2. Мамардашвили М.Н. Сознание и цивилизация. - М.: Логос, 2004. – 272 с.

3. Хабермас Ю. Политические работы.- М.: Праксис, 2005. – 368 с.

Материал поступил в редакцию 07.11.06.

E. SADOVAIA

TO THE IDEA OF GLOBAL CIVIL SOCIETY

The role of civil society is changing nowadays under the pressure of global problems, "spread" of national borders and constantly growing process of informatisation. It is not only linked to the state but overcomes the state frontiers to solve up-to-date problems of mankind. Thus civil society becomes global that can be recognized not in quantity of its members but in the level of development of its cosmopolitan, global thinking.

САДОВАЯ Екатерина Николаевна, аспирант кафедры «Социальная философия» ДГТУ. Окончила Ростовский государственный педагогический университет (1996).

Научные интересы: методика преподавания иностранных языков и социальная философия.

Автор 5 научных публикаций.

РЕКЛАМА

УДК 130.1+7.01+130.2

Е.С. ШАБАЙ

КУЛЬТУРНО-ПРАГМАТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЯЗЫКА РЕКЛАМНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье проведен анализ понятия «знак»; рассмотрены существенные признаки «семиосферы»; выявлены причины непонимания межкультурных рекламных обращений; определены видовые группы знаков и их взаимосвязь.
Ключевые слова: *рекламный знак, семиосфера, культурно-знаковая парадигма, символ, икона, индекс, референт.*

Введение. Рассмотрение рекламы как вида коммуникации является неполным без использования методологических возможностей семиотики, трактующей любое сообщение, любой элемент коммуникации как знак, наделенный характеристиками, предопределяющими его прочтение. Семиотика рассматривает знак как систему связей и взаимодействий составляющих его элементов, которая обеспечивает его внутреннюю организацию и внешнее функционирование в своей знаковой системе, составляющей наиважнейшую сторону культурной традиции любого народа.

Признаки семиосферы. В рекламе знаком можно считать как рекламный материал в целом (макет, ролик, постер, биллборд), так и составляющие его элементы: изображения (фон, герои, цвет), текст (слова, стиль, пунктуация, шрифты), звук (голос, музыка, звуковые эффекты). Рекламное сообщение представляет собой сложный знак, состоящий из простых знаков, смысл и назначение которого сложились в ходе культурно-исторического развития того или иного народа.

В методологическом плане важным является положение о том, что семиотика рекламного знака выражает единство прагматического и культурологического аспектов рекламы. Означающее, как форма, которую принимает знак в коммуникации, в свою очередь, несет двойную нагрузку:культурно-историческую (как любая знаковая система, развитие которой происходит в процессе развития культуры народа, формирования его деятельности и личностных качеств) и содержательно-практическую, в которой выражено предназначение предмета (или явления), выраженное в знаке. В этом плане очевидным становится то, что первичным является означающее, определяющее содержание знака, с которого начинается восприятие знака субъектами коммуникации.

Ни одна знаковая система не может существовать изолированно от окружающей среды. Она может работать лишь в случае, если погружена в «некоторое семиотическое пространство, и только в силу взаимодействия с

этим пространством она способна функционировать» [1, с.165]. Ю. Лотман ввел понятие семиосферы – единого механизма, в определенной степени даже организма, в котором в пространственно-временном единстве происходит обмен информацией и наличие которой является непременным условием такого обмена. Семиосфера отличается рядом признаков. Например, она однородна, индивидуальна и имеет границы, обычно условные, так как их формальное определение затруднено и зависит от способа кодирования, т. е. набора исходных параметров.

Семиотическая граница представляет собой сумму двуязычных переводческих «фильтров», переход сквозь которые переводит текст на другой язык (или языки), находящийся вне данной семиосферы. Эти признаки в полной мере применимы и к рекламе. Семиосфера рекламы однородна (сюжет и способы изображения подчинены центральной теме рекламного текста), индивидуальна, а также выражается соответствующими способами кодирования, носящими условный символический характер.

«Замкнутость» семиосферы проявляется в том, что она не может соприкасаться с иносемиотическими текстами. Для того чтобы они для нее получили реальность, ей необходимо перевести их на один из языков ее внутреннего пространства. Таким образом, точки границы семиосферы можно уподобить чувственным рецепторам, переводящим внешние раздражители на язык нашей нервной системы, или блокам перевода, адаптирующим к данной семиотической сфере внешний для нее мир.

В каждой семиосфере своя культура, которая создает не только свою внутреннюю организацию, но и свой тип «внешней дезорганизации», которая чужда и поэтому отторгается. Видимо, поэтому часто «не ложатся» на российскую рекламную аудиторию текстовые и визуальные решения, привычные для других культур. Еще одно свойство семиосферы – неравномерность. Ее центр может рассматриваться как концентрация определенной культуры, периферия – как пространство, где она ослабевает, размывается, подвергается воздействию иных культур. Можно найти отличия по национальным признакам, религиозным традициям, психодемографическим характеристикам. Культуры смешиваются, переливаются друг в друга, взаимообогащают или, наоборот, амортизируют воздействие.

Таким образом, семиосфера многократно пересекается внутренними границами, специализирующими ее участки в семиотическом отношении. Информационная трансляция идет через эти границы. Непрерывные семиотические «вторжения» той или иной структуры на «чужую территорию» образуют порождения смысла, возникновение новой информации. Вместе с тем, семиосфера, будучи единым целым, имеет части, характеризующиеся также целостностью, замкнутостью и структурной самостоятельностью. Следовательно, если в идеале визуальный или вербальный текст рекламного обращения, созданного с учетом особенностей определенной среды, адекватен индивидуальному сознанию и культуре, то в действительности он порождает множество дополнительных текстов, новые смыслы.

Очевидно, что, с одной стороны, происходит как бы сопротивление восприятию информации в варианте, противоречащем устоявшемуся клише, с другой – неизбежно происходит его деформация. Так внедряются новая мода, новые эстетические формы, новый язык, но их «семена» дают ростки только тогда, когда «почва» для них подготовлена. Как пишет Ю. Лотман: «…ситуация взаимного влечения к контакту должна предшествовать самому контакту»[1,с.200].

Условия использования рекламы на межнациональном уровне. Информация, заложенная в рекламном обращении, в идеале должна без искажений дойти до адресата. Несовпадение между кодом создающего это обращение, по сути дела пассивного носителя вложенного смысла, своеобразной его упаковки, и кодом воспринимающего является помехой в коммуникативном акте. Игнорирование этого очевидного факта приводит к неприятию и непониманию аудиторией значительного процента информации, выполненной с расчетом на иную культуру.

Все вышесказанное объясняет создавшуюся в последние десятилетия ситуацию, заставившую производителей товаров и услуг исключительно серьезно относиться к проблемам международной рекламы. Если продукт выходит или в будущем выйдет на международный уровень, для его успеха на внешних рынках в маркетинговые коммуникации часто необходимо вносить определенные коэффициенты, к чему производителя вынуждают следующие причины:

- социокультурная среда разных рынков различна;
- разные рынки находятся в разной экономической ситуации и на различных уровнях развития;
- бренд на них тоже находится на различных уровнях развития;
- товары используются по-разному;
- реакция потребителей на одну и ту же информацию различна [2, с.228], что зависит и определяется культурно-образовательным уровнем населения, развитием его потребностей и вкусов, материальным положением и т. д.

В случае игнорирования межкультурного аспекта у производителя могут возникнуть существенные потери времени, денежных средств и репутации. Несмотря на то, что сегодня в глобальном масштабе идет процесс сближения потребительских предпочтений, национальные и культурные особенности потребителей не могут быть игнорированы.

Безусловно, реализация успешного продвижения продукции на международных рынках сопряжена с огромным количеством затруднений. Прежде всего, это объясняется необходимостью работы с разными целевыми группами потребителей, отличающихся друг от друга языком, привычками, традициями, культурой и соответственно мировоззрением. Даже на территории одного государства продвижение продукции может быть затруднено факторами, характерными для работы на международных рынках. Например, это крайне актуально для России с ее многонациональным

составом, полилингвизмом, конфессиональным многообразием, что разбивает национальный рынок на множество специфических сегментов.

У различных потребителей разные вкусы и привычки, покупательские возможности и предпочтения. Например, они могут отличаться друг от друга отношением к еде, отдельным продуктам: люди ряда национальностей и вероисповеданий не едят свинину; в Англии в расчете на одного человека потребление шоколада в 6 раз больше, чем в Португалии, и т. д. Различны модели поведения населения, в частности, предопределенные их отношением к СМИ. Например, в высокоразвитых странах, лидирующих по жизненному уровню населения, таких, как Финляндия, Швеция, Норвегия, Дания, традиционным СМИ все в большей степени предпочитают Интернет. У этих стран такой существенный для рекламы показатель, как время, которое среднестатистический житель страны проводит перед экраном телевизора, - один из самых низких в мире.

Сложности проведения международной рекламной кампании также сопряжены с тем, что сила воздействия на потребительскую среду одной и той же рекламной продукции в разных социокультурных пространствах различна. Создателям международных торговых марок в их рекламном представлении приходится учитывать многообразие культурно-знаковых парадигм, традиционных для различных обществ, и специфику коммуникаций с потребителями рекламной информации в различных условиях. Системы знаков, с помощью которых эти коммуникации осуществляются, должны быть такими, чтобы они адекватно воспринимались как можно большим числом представителей целевых групп рекламного воздействия, относящихся к различным социокультурным сегментам.

Видовые группы знаков и их взаимосвязь. С позиции семиотики реклама может рассматриваться как целостная знаковая система, обеспечивающая создание и восприятие определенной информации, в связи с чем возникает необходимость выявления или определения системы тех знаков, которые могут создаваться в рамках рекламного коммуникативного процесса.

Традиционно выделяется несколько видовых групп знаков, различия между которыми определяются отношениями между формой и референтом в знаке, степенью обусловленности и неслучайности приписывания определенной формы определенному референту. До настоящего времени сохраняет свое значение классическое (введенное Ч.С. Пирсом) разбиение знаков на три группы: символические (символы), иконические (иконы) и индексальные (индексы) [3, с.446].

В иконических знаках форма связана с референтом отношениями сходства. Здесь четко прослеживается сходство по каким-либо физическим характеристикам: форма, цвет, звук, вкус. Иконами являются, к примеру, фотографические портреты, пиктограммы, диаграммы, звукоподражательные слова, звуковые эффекты, имитирующие реальные звуки в кино и на радио, подражательная жестикуляция.

В рекламе иконическими знаками являются, к примеру, изображения рекламируемого продукта (так называемые «пакшоты»). Также иконический характер носят изображения людей, которые используются как рекламные персонажи, например, известные личности, своим авторитетом или амплуа убеждающие потребителя купить рекламируемый продукт.

Индексы (индексальные знаки) – это знаки, у которых форма не является для референта случайной, но и не является прямым повторением формы референта. Она связана с референтом определенными отношениями. Это могут быть причинно-следственные отношения, когда обозначающее является признаком наличия обозначаемого, или физические, когда обозначающее является частью или образцом, по которому можно судить о состоянии или свойствах более обширного обозначаемого. В отличие от икон, индексы имеют дело с двумя самостоятельными объектами реальности.

Индексы еще называют указательными знаками, что хорошо передает их суть: форма указывает на наличие определенного референта. Индексами являются, например, дым как указатель на огонь; пульс применительно к биению сердца; указующий жест; часовой циферблат; стук в дверь как указание на посетителя; боль как симптом заболевания и т. п. В отличие от икон, у которых отношения формы и референта не требует предварительного заучивания, у индексов для соотнесения формы и референта требуются определенные базовые знания.

Горан Сонессон в своей работе «Семиотика рисунков» [4, с.131-164] отмечает, что индексальность бывает двух видов. Первый основан на узнавании интерпретатором в знаке части реального объекта или явления и на реконструкции тех его частей, которые не вошли в знак (например, изображение головы человека подразумевает наличие под ней всего тела). Второй тип индексальности основан на подсознательном стремлении человека к завершению незавершенного: довести до конца незамкнутый круг, додумать незаконченный сюжет, завершить прерванное высказывание. В рекламе второй тип индексальности используется в случаях, когда вместо продукта или результата его действия основной акцент делается на проблеме или результате отсутствия продукта (негативный стимул). Получив негативную информацию, человек будет стремиться разрешить диссонанс. Предложив ему в этот момент продукт с соответствующей формулировкой-подсказкой, мы способствуем разрешению психологического напряжения и даем возможность потребителю благополучно «закрыть» открытый вопрос. Эти механизмы работают, скорее, на уровне эмоций и подсознания, нежели на рациональном уровне восприятия и интерпретации. Именно поэтому грамотно сконструированные рекламные сообщения такого типа бывают крайне эффективны.

В рекламе индексы часто используются в демонстративных частях рекламных сообщений, где наглядно показаны преимущества и принципы действия рекламируемого продукта. Такие знаки достаточно эффективны, когда нужно донести до рекламополучателя информацию о результате

действия продукта – особенно если речь идет о свойствах, которые достаточно трудно продемонстрировать напрямую (свежесть, скорость и т.д.).

В символах (символических знаках) форма не связана с референтом, а приписана этому референту как бы случайно и закреплена на уровне общественной конвенции (договора) об ее использовании для обозначения именно этого референта (например, слово «дружба» для обозначения межличностных отношений или черный цвет как цвет траура).

Символы по своей природе конвенциональны: люди «договариваются» между собой (заключают конвенцию) о том, что определенный объект или понятие будет обозначаться данной формой. Для того чтобы считывать связь между формой и референтом символического знака, ее нужно знать.

В рекламе символами являются логотипы, основанные на абстрактных визуальных образах, а также так называемые бренд-персонажи – объекты (люди, звери, фантастические существа или предметы), которые являются собирательным образом бренда во всех рекламных материалах.

В целом, явление символа имеет глубинные корни в истории культуры и эволюции коммуникаций. Символ является спонтанным продуктом человеческого общения, возникшим на начальных этапах формирования общества. Ранняя мифологическая, религиозная, мистическая символика впоследствии сформировалась в грандиозную сферу духовной культуры. Процесс символизации лег в основу зарождения рекламных коммуникаций и их вхождения в систему культуры.

Заключение. Осознание необходимости прогнозировать результаты рекламной деятельности, а также определить ее место и роль в культурной жизни общества обусловливает интерес к исследованию рекламы под углом зрения философии культуры, что обеспечивает понимание закономерностей индивидуального и массового восприятия рекламной информации, ее влияния на когнитивные, эмоциональные и прагматические реакции, которыми сопровождается взаимодействие аудитории с рекламной продукцией, тем самым, актуализируя необходимость исследования знаковой природы рекламы.

Библиографический список

1. Лотман Ю. М. Внутри мыслящих миров. Человек – текст – семиосфера – история. – М.: Языки русской культуры, 1996. – 447с.

2. Рожков И. Я. От брендинга к бренд-билдингу. – М.: Гелла-принт, 2004. – 320с.

3. Pierce C. Selected Writings / C. Pierce. – N. Y.: Dover, 1966. – 446 p.

4. Sonesson G. Die Semiotik des Bilds. Zum Forschungsstand am Anfagn der 90er Jahre / G. Sonesson // Zeitschrift fur Semiotik. – 1993. - №15. – pp. 131-164.

Материал поступил в редакцию 11.10.06.

E.S. SHABAY

CULTURAL AND PRAGMATICAL ASPECT OF ADVERTISING

This article provides the analysis of the concept of «sign», gives an overview of main characteristics of «semiosphere», pointes out the ground of misunderstanding of cross-cultural adds; detenmines the types of signes and thein connection.

ШАБАЙ Евгений Семенович (р.1980), окончил Пятигорский государственный университет (2002), в настоящее время соискатель ученой степени кандидата философских наук по специальности 09.00.13 – Религиоведение, философская антропология, философия культуры при Ставропольском государственном университете.
Сфера научных интересов – рекламные коммуникации.
Автор семи публикаций по данному направлению.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ДГТУ»

1. Статья должна быть тщательно отредактирована и представлена в одном экземпляре, распечатанном через 1,5 интервала на белой бумаге форматом А4, поля: верхнее, нижнее, левое – 2,5 см, правое – 1,5 см; ориентация книжная; шрифт Times New Roman, высота 14. Одновременно текст статьи представляется на дискете (1,44 Мбайт) в формате текстового редактора «Word for Windows 6.0».

2. В начале статьи в левом верхнем углу ставится индекс УДК. Далее на первой странице данные идут в такой последовательности:

- инициалы и фамилии авторов;
- e-mail для переписки;
- полное название статьи;
- краткая (5-10 строк) аннотация;
- ключевые слова.

Затем идет текст самой статьи, список литературы.

Статья должна быть завершена рефератом на английском языке, включающим инициалы, фамилии авторов и полное название статьи.

Статья должна быть структурирована и должна содержать разделы, необходимые и достаточные для понимания логики проведенных исследований и смысла представленных результатов.

3. Объем статьи не должен превышать 10 страниц машинописного текста, 5 рисунков или фотографий; обзора – 25 страниц, 10 рисунков; краткого сообщения – не более 3 страниц, 2 рисунков.

Иллюстрации (рисунки, графики) должны быть расположены в тексте статьи и выполнены в одном из графических редакторов (формат tif, pcc, jpg, pcd, msp, dib, cdr, cgm, eps, wmf). Допускается также создание и представление графиков при помощи табличных процессоров «Excel», «Quattro Pro», «MS Graph». Каждый рисунок должен иметь подпись. Рисунки должны иметь контрастное изображение.

Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь заголовок.

4. Формулы и буквенные обозначения величин должны быть набраны в формульном редакторе MS Word.

5. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ). Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т.е., и т.д., и т.п.).

6. Список литературы должен быть оформлен по ГОСТ 7.1-2003.

7. На отдельной странице должны быть представлены краткие сведения об авторах статьи.

8. К статье должны быть приложены акты экспертизы, подтверждающие возможность ее опубликования в открытой печати.

9. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

10. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются, рукописи и дискеты авторам не возвращаются. Датой поступления рукописи считается день получения редакцией окончательного (исправленного после рецензирования) текста.